



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ

ΠΟΛΥΤΕΧΝΙΚΗ ΣΧΟΛΗ

ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΩΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ

ΤΗΛΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΩΝ ΚΑΙ ΔΙΚΤΥΩΝ

**ΓΡΑΦΙΚΑ ΚΑΙ ΑΝΘΡΩΠΙΝΗ ΚΙΝΗΣΗ ΣΤΑ
ΚΙΝΟΥΜΕΝΑ ΣΧΕΔΙΑ**

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΤΟΥ

ΤΡΑΝΤΟΥ ΕΥΑΓΓΕΛΟΥ

Βόλος, 06 Ιουλίου 2011



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ
ΠΟΛΥΤΕΧΝΙΚΗ ΣΧΟΛΗ

ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΩΝ ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΩΝ
ΤΗΛΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΩΝ ΚΑΙ ΔΙΚΤΥΩΝ

ΓΡΑΦΙΚΑ ΚΑΙ ΑΝΘΡΩΠΙΝΗ ΚΙΝΗΣΗ ΣΤΑ ΚΙΝΟΥΜΕΝΑ ΣΧΕΔΙΑ

ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

του

ΤΡΑΝΤΟΥ ΕΥΑΓΓΕΛΟΥ

Επιβλέποντες : ΤΣΟΜΠΑΝΟΠΟΥΛΟΥ ΠΑΝΑΓΙΩΤΑ
ΕΠΙΚΟΥΡΗ ΚΑΘΗΓΗΤΡΙΑ

ΧΟΥΣΤΗΣ ΗΛΙΑΣ
ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ

Εγκρίθηκε από την διμελή εξεταστική επιτροπή την 8^η Ιουλίου 2011

(Υπογραφή)

.....
ΤΣΟΜΠΑΝΟΠΟΥΛΟΥ ΠΑΝΑΓΙΩΤΑ
ΕΠΙΚΟΥΡΗ ΚΑΘΗΓΗΤΡΙΑ

(Υπογραφή)

.....
ΧΟΥΣΤΗΣ ΗΛΙΑΣ
ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ

(Υπογραφή)

.....

ΤΡΑΝΤΟΣ ΕΥΑΓΓΕΛΟΣ

Διπλωματούχος Μηχανικός Ηλεκτρονικών Υπολογιστών, Τηλεπικοινωνιών και Δικτύων
Πανεπιστημίου Θεσσαλίας

© 2011..... – All rights reserved

Πίνακας Περιεχομένων

1. Ιστορία των κινουμένων σχεδίων	9 -
1.1 Από τα προϊστορικά χρόνια έως το τέλος του 19ου αιώνα	9 -
1.2 Οι πρώτες μέρες των «Κλασικών» κινουμένων σχεδίων	17 -
1.3 Ο Walt Disney	19 -
1.4 Άλλα δημοφιλή κινούμενα σχέδια.....	22 -
2. Ιστορία του Computer Animation	24 -
2.1 Πριν το 1961	24 -
2.2 Οι πρώτοι ερευνητές στα Πανεπιστήμια	25 -
2.3 Οι πρώτες ταινίες – animation με γραφικά Η/Υ.....	31 -
2.4 Pixar και Dreamworks	43 -
2.4.1 Pixar	44 -
2.4.2 Dreamworks.....	47 -
3. Παραγωγή και αρχές των κινουμένων σχεδίων	51 -
3.1 Η διαδικασία παραγωγής κινουμένων σχεδίων	51 -
3.1.1 Προ-παραγωγή	52 -
3.1.2 Παραγωγή.....	53 -
3.1.3 Μετα-παραγωγή.....	55 -
3.2 Αρχές των κινουμένων σχεδίων υπολογιστών.....	55 -
3.3 Διαδικασία απεικόνισης	59 -
4. Τεχνικές Απόδοσης Κίνησης	63 -
4.1 Μονάδες απόδοσης κίνησης.....	63 -
4.2 Βασικές Τεχνικές της απόδοσης κίνησης	65 -
4.2.1 Keyframing.....	65 -
4.2.2 Motion Capture.....	66 -
4.2.3 Physical Simulation	69 -
4.3 Έλεγχος της κίνησης	70 -
Συμπεράσματα	73 -
Βιβλιογραφία	74 -

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

1. Ιστορία των κινουμένων σχεδίων

1.1 Από τα προϊστορικά χρόνια έως το τέλος του 19ου αιώνα

Η τέχνη είναι ένα έμφυτο στοιχείο του ανθρώπου από τα πρώτα χρόνια της δημιουργίας του. Από την εποχή που οι πρώτοι άνθρωποι ζούσαν ακόμη σε σπήλαια, υπάρχουν δείγματα της καλλιτεχνικής τους ανησυχίας και δημιουργίας. Ίσως αυτό που αποσκοπούσαν να ήταν μια παρακαταθήκη για τις επόμενες γενεές ή μπορεί πολύ απλά να ήθελαν να εκφράσουν αυτό που έβλεπαν με εικόνες και όχι μόνο με λέξεις. Όπως και να έχει, έχουν αφήσει πάρα πολλές τοιχογραφίες ή σπηλαιογραφίες οι οποίες αποτύπωναν άλλοτε τα πιο απλά σχέδια και άλλοτε σύνθετες εικόνες (βλέπε Εικόνα 1.1). Από τα κλασσικά χρόνια ακόμα, χρησιμοποιούνταν τα μαθηματικά για να περιγραφεί η στάση και η κίνηση των ανθρώπων.



(α)



(β)

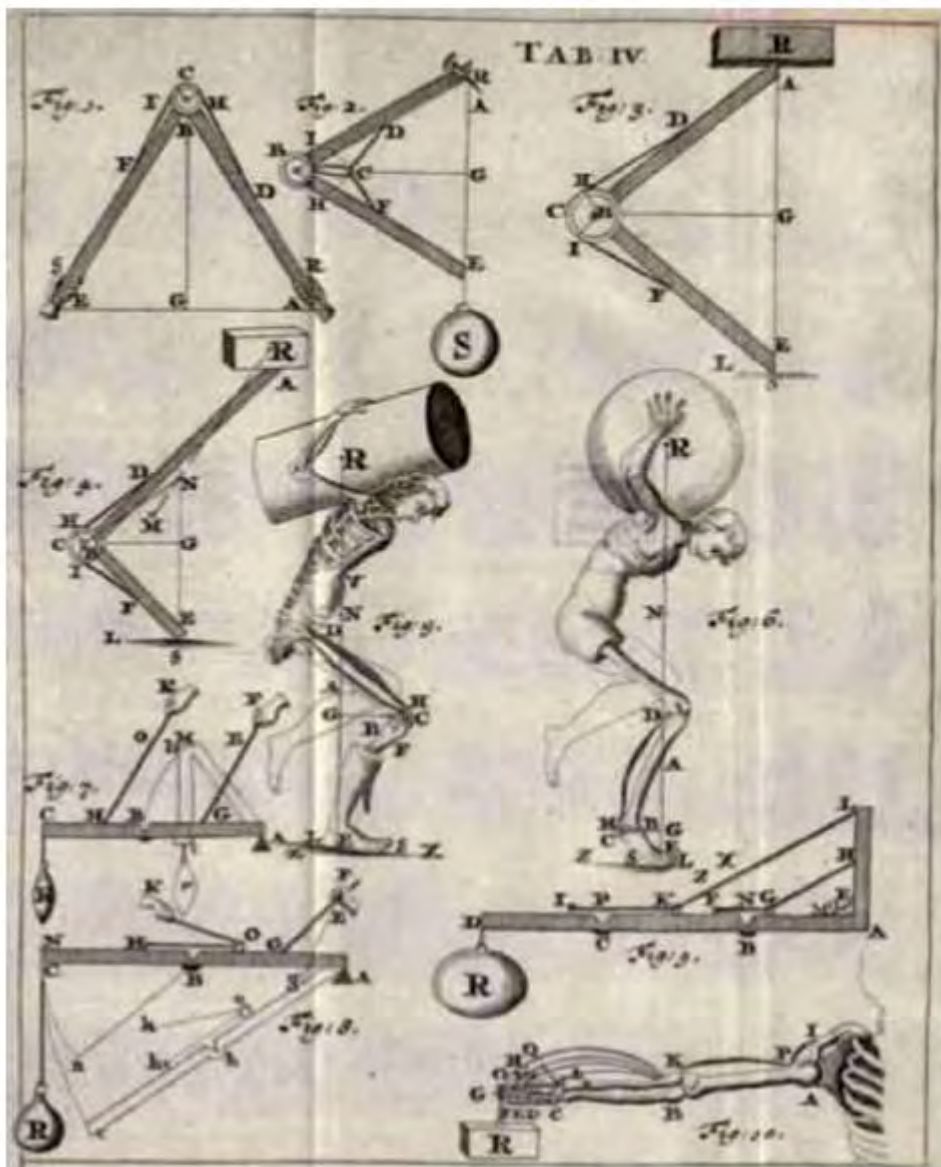
Εικόνα 1.1 (α): Δείγματα ζωγραφικής των σπηλαίων, (β): ζωγραφική σε τάφους Φαραώ στην αρχαία Αίγυπτο

Βέβαια, το να δημιουργηθεί μια κινούμενη εικόνα δεν εξαρτάται μόνο από τη θέληση του ανθρώπου και από τη φαντασία του. Για να δημιουργηθούν τα πρώτα δείγματα κινούμενης εικόνας, χρειάστηκε να περάσουν αιώνες ολόκληροι. Κατά την περίοδο της Αναγέννησης, ο Leonardo Da Vinci προχώρησε βαθύτερα από οποιονδήποτε άλλο μέχρι τότε στην ανατομία του ανθρώπινου σώματος (βλέπε Εικόνα 1.2).



Εικόνα 1.2 Σελίδες από τα σκίτσα του Da Vinci

Αργότερα, ο επιστήμονας Giovanni Alfonso Borelli εφάρμοσε πάνω στη βιολογία τις αναλυτικές και γεωμετρικές μεθόδους που ανέπτυξε ο Galileo Galilei στο πεδίο της μηχανικής (βλέπε Εικόνα 1.3).



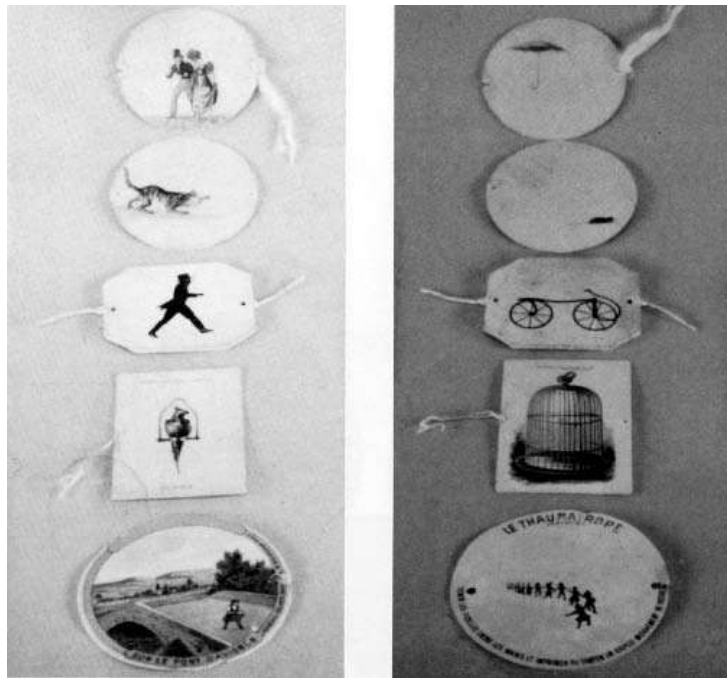
Εικόνα 1.3 Χαλκογραφία του Borelli

Τον 17^ο αιώνα, ο Christiaan Huygens (δεν είναι σίγουρο ποιος ήταν ο πραγματικός εφευρέτης) εφευρίσκει το αποκαλούμενο «Μαγικό Φανάρι» (Laterna Magica). Αυτό ήταν ένα πρώιμο είδος του προβολέα εικόνας, το οποίο λειτουργούσε ως εξής: μέσα στο φανάρι υπήρχε ένα κάτοπτρο μπροστά από μια πηγή φωτός η οποία συγκέντρωνε το φως και το έριχνε πάνω σε μια διαφάνεια πάνω στην οποία υπήρχε ζωγραφισμένη μία εικόνα. Έτσι, φθάνουμε σιγά-σιγά στον 19^ο αιώνα ο οποίος σήμανε και την επανάσταση στο χώρο της κινούμενης εικόνας. Αρχικά, έχουμε την εφεύρεση της φωτογραφίας (από τις ελληνικές λέξεις φως και γραφείν) από τον γάλλο εφευρέτη Joseph Nicéphore Niépce (βλέπε Εικόνα 1.4).



Εικόνα 1.4 Μία από τις πρώτες φωτογραφίες που τραβήχτηκαν από τον Niépce γύρω στο 1825 με τίτλο “View from the window at Le Gras”

Δύο χρόνια νωρίτερα, είχε εφευρεθεί ένα παιχνίδι που χρησιμοποιούνταν στις βασιλικές αυλές της Μεγάλης Βρετανίας για να ψυχαγωγεί τους γαλαζοαίματους. Ονομαζόταν **thaumatrope** (από τις ελληνικές λέξεις θαύμα και τρόπος) και είχε ως αποτέλεσμα μια κινούμενη εικόνα. Πιο αναλυτικά, το thaumatrope ήταν ουσιαστικά ένας δίσκος με ζωγραφισμένες εικόνες και στις δύο πλευρές του και δύο σχοινιά τοποθετημένα αντιδιαμετρικά στο δίσκο. Με αυτόν τον τρόπο, αν γύριζες το σχοινί με μεγάλη ταχύτητα, οι δύο πλευρές θα εναλλάσσονταν πολύ γρήγορα με αποτέλεσμα το μάτι να βλέπει τις δύο εικόνες σαν μία κινούμενη εικόνα (βλέπε Εικόνα 1.5).



Εικόνα 1.5 Thaumatrope

Το 1831 εφευρίσκεται το **Phenakistoscope** (από τις ελληνικές λέξεις φενακίζειν και σκοπός) από τον Βέλγο Joseph Plateau. Η συσκευή αυτή δεν ήταν τίποτε περισσότερο από έναν κυκλικό δίσκο, κάθετα στον οποίο υπήρχε μια λαβή για να τον κρατά το χέρι. Πάνω στο δίσκο ήταν ζωγραφισμένες εικόνες οι οποίες αποτελούσαν μια ακολουθία από καρτέ. Επίσης, υπήρχαν και σχισμές οι οποίες χρησίμευαν στην ψευδαίσθηση της κινούμενης εικόνας. Συγκεκριμένα, αν ο θεατής κρατούσε το δίσκο απέναντι από ένα κάτοπτρο και τον γυρνούσε κοιτάζοντας τις σχισμές, έβλεπε τα διαφορετικά ζωγραφισμένα καρτέ σαν μια κινούμενη εικόνα (βλέπε Εικόνα 1.6).



Εικόνα 1.6 Phenakistoscope όπου οι ζωγραφιές είναι καρέ ενός ζευγαριού που χορεύει Waltz

Συνεχίζοντας, το 1834 εφευρίσκεται το **Zoetrope** (από τις ελληνικές λέξεις ζωή και τρόπος), μια αρχαία μορφή του οποίου είχαν εφεύρει οι Κινέζοι το 180 μ.Χ.. Το Zoetrope λειτουργεί παρόμοια με το Phenakistoscope. Είναι δηλαδή ένας κύλινδρος, στην εσωτερική πλευρά του οποίου είναι ζωγραφισμένη μια ακολουθία από εικόνες, τις οποίες ο παρατηρητής βλέπει σαν μια κινούμενη εικόνα κοιτάζοντας μέσα από τις σχισμές που βρίσκονται στον κύλινδρο (βλέπε Εικόνα 1.7).



Εικόνα 1.7 Zoetrope. Φαίνονται οι ζωγραφισμένες εικόνες στο εσωτερικό του κυλίνδρου

Μια βελτίωση στη λειτουργία του Zoetrope είναι το **Praxinoscope** (από τις ελληνικές λέξεις πράξις και σκοπός) που εφευρέθηκε το 1877 από τον Γάλλο Charles-Emile Reynaud. Υπάρχει και εδώ ο κύλινδρος, μόνο που στο εσωτερικό του υπάρχουν και καθρέφτες και ο παρατηρητής πρέπει να κοιτάξει αυτούς για να δει την κινούμενη εικόνα που προσφέρουν τα διαδοχικά ζωγραφισμένα καρέ (βλέπε Εικόνα 1.8).



Εικόνα 1.8 Praxinoscope

Στα τέλη του 19^{ου} αιώνα, ο Thomas Edison εφευρίσκει την πρώτη μηχανή παραγωγής κινούμενων εικόνων, το **Kinetoscope** (από τις ελληνικές λέξεις κίνηση και σκοπός). Η μηχανή αυτή δεν πρόβαλλε τις εικόνες (την ακολουθία των εικόνων) σε κάποια οθόνη, αλλά στο πάνω μέρος της υπήρχε μια υποδοχή και αν κοιτούσε ο παρατηρητής μέσα από αυτή θα έβλεπε μια κινούμενη εικόνα (βλέπε Εικόνα 1.9).



Εικόνα 1.9 Kinetoscope του Thomas Edison

Τέλος, πλησιάζοντας το κατώφλι του 20^{ου} αιώνα, οι Γάλλοι αδερφοί Auguste και Louis Lumiere εφευρίσκουν τον **κινηματογράφο** (cinématographe) [μερικοί ιστοριογράφοι αμφισβητούν την πρωτοπορία των δύο αδερφών, υποστηρίζοντας ότι ο πρώτος που εφήυρε τη μηχανή αυτή ήταν ο Leon Bouly]. Ο κινηματογράφος είναι ουσιαστικά η πρώτη κάμερα με φιλμ, αλλά χρησιμοποιούνταν επίσης και για την προβολή της κινούμενης εικόνας που είχε απαθανάτισει (βλέπε Εικόνα 1.10).



(α)



(β)

Εικόνα 1.10 (α): Ο κινηματογράφος σε στιγμή λήψης εικόνας, και (β) σε στιγμή προβολής του φιλμ

1.2 Οι πρώτες μέρες των «Κλασικών» κινουμένων σχεδίων

Τα κινούμενα σχέδια στην Αμερική αυξήθηκαν ραγδαία τον 20^ο αιώνα με τη μορφή δυσδιάστατων κινηματογραφικών εικόνων και έγιναν γνωστά σαν «κλασικά κινούμενα σχέδια». Η πρώτη χρήση κάμερας με σκοπό να κάνει άψυχα πράγματα να κινούνται έγινε το 1896. Ο Georges Méliès χρησιμοποίησε απλά κόλπα στην κάμερα, όπως πολλαπλές εκθέσεις και τεχνικές stop-motion, για να κάνει τα αντικείμενα να εμφανίζονται, να εξαφανίζονται ή να αλλάζουν σχήμα (βλέπε Εικόνα 1.11).



Εικόνα 1.11 «Ταξίδι στη Σελήνη» του Georges Méliès

Ακόμη, όμως, το animation (δηλαδή τα κινούμενα σχέδια - στα ελληνικά ο όρος μεταφράζεται και αναφέρεται ως εμπύχωση) δημιουργούνταν με τις απλούστερες μεθόδους. Το 1906 ο Stuart Blackton δημιούργησε και πρόβαλλε το πρώτο έργο animation στην ιστορία που ήταν ένα μικρού μήκους κινούμενο σχέδιο, το **Humorous Phases of Funny Faces**, το οποίο πολύ απλά αποτελούνταν από σχέδια με κωμικές εκφράσεις που ζωγράφισε ο ίδιος

ο Blackton σε έναν πίνακα, τα φωτογράφησε και τα συνέδεσε ώστε να αποτελούν μια ακολουθία εικόνων (βλέπε Εικόνα 1.12).



Εικόνα 1.12 Humorous Phases of Funny Faces του Stuart Blackton

Άξια αναφοράς είναι επίσης το **Phantasmagorie** του Γάλλου σκηνοθέτη Emile Cohl, το **Gertie the Dinosaur** του Winsor McCay και το **Felix the Cat** του Otto Messmer (βλέπε Εικόνα 1.12).



(α)



(β)



(γ)

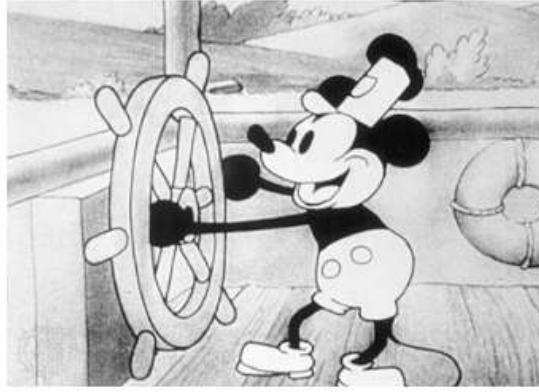
Εικόνα 1.12 (α): Phantasmagorie, (β): Gertie the Dinosaur, (γ): Felix the Cat

Στα τέλη της δεκαετίας του 1910 τα κινούμενα σχέδια είχαν πάψει να μαγεύουν το κοινό, καθώς στη μεγάλη πλειονότητά τους δεν είχανε μια συγκεκριμένη πλοκή, πράγμα που δεν κινούσε τους θεατές να τα παρακολουθήσουν. Συν τοις άλλοις, πολλοί σχεδιαστές κατέφευγαν στη βία

ανάμεσα στους χαρακτήρες για να προσδώσουν μια κωμική χροιά στο έργο τους. Τα μέσα της δεκαετίας του 1920, όμως, επιφύλασσαν μεγάλες αλλαγές στη, νεογέννητη ακόμα, βιομηχανία παραγωγής κινουμένων σχεδίων. Τα μεγάλα studio παραγωγής ταινιών του Hollywood που άνθιζε ραγδαία την εποχή εκείνη, συνειδητοποίησαν πως υπάρχει μέλλον στην τέχνη που ονομάζεται animation. Κάπως έτσι ξεκίνησε η εμπορευματοποίηση των κινουμένων σχεδίων. Τα studio ανέλαβαν υπό την εποπτεία τους τις μικρές, προσωπικές επιχειρήσεις των σχεδιαστών της εποχής και έθεσαν τις βάσεις για τη βιομηχανία παραγωγής κινουμένων σχεδίων. Έδωσαν κίνητρα σε νέους σχεδιαστές, στους οποίους έδιναν ποσοστώσεις ανάλογα με τα σκίτσα που σχεδίαζαν και μ' αυτόν τον τρόπο τα απλά, προσωπικά, αθώα κινούμενα σχέδια έπαψαν πλέον να υφίστανται.

1.3 Ο Walt Disney

Ο Walt Disney μπορεί να μην εφήμερε το animation, αλλά ήταν και θα είναι ο βασιλιάς των κινουμένων σχεδίων, καθώς έθεσε νέα standard για το πώς δημιουργείται ένα κινούμενο σχέδιο. Το studio του στην αρχή ήταν μικρό και παρήγαγε μικρού μήκους ταινίες όπως το Alice's Wonderland, η οποία συνδύαζε και πραγματική εικόνα και κινούμενα σχέδια, δεν είχε όμως την επιθυμητή επιτυχία. Το 1928, ο Disney και ο Ub Iwerks σχεδίασαν τον πολύ δημοφιλή χαρακτήρα Mickey Mouse και, χρησιμοποιώντας τις νέες τεχνολογίες προσάρτησης ήχου στις ταινίες, δημιούργησε το **Steamboat Willy**, την πρώτη ταινία κινουμένων σχεδίων με συγχρονισμένο ήχο (βλέπε Εικόνα 1.13).



Εικόνα 1.13 Steamboat Willy

Αφού έκανε και συμβόλαιο με την Technicolor ώστε οι ταινίες του να έχουν χρώμα, ο Disney προγραμμάτισε την πρώτη μεγάλου μήκους ταινία κινουμένων σχεδίων, το **Snow White and the Seven Dwarfs**, το 1937. Στην ταινία αυτή, χρησιμοποιήθηκαν για πρώτη φορά τα storyboards κατά την προπαραγωγή. Έτσι, ο Disney ξέφυγε χιλιόμετρα μπροστά από τους υπόλοιπους σχεδιαστές, καθώς η ιστορία εξελισσόταν πιο ομαλά και η οπτική αναπαράσταση άγγιζε την τελειότητα. Το επόμενο project του Disney, **Pinocchio**, ήταν ακόμη πιο βελτιωμένο.

Μια από τις πιο σημαντικές καινοτομίες του στούντιο του Disney ήταν η ανάπτυξη της πολυεπίπεδης κάμερας. Η πολυεπίπεδη κάμερα αποτελείται από μια κάμερα που είναι τοποθετημένη πάνω από πολλαπλά επίπεδα (ουσιαστικά κομμάτια από γυαλί πάνω στα οποία σχεδιαζόταν το επιθυμητό σχέδιο). Καθένα από τα επίπεδα μπορεί να κινηθεί προς έξι κατευθύνσεις (δεξιά, αριστερά, πάνω, κάτω, μέσα, έξω) και η κάμερα μπορεί να μετακινηθεί πιο κοντά ή πιο μακριά από αυτά. Τα επίπεδα τοποθετούνταν σε διαφορετική απόσταση από την κάμερα το καθένα, πράγμα που προσέδιδε βάθος, και περνούσαν μπροστά από την κάμερα με διαφορετικές ταχύτητες το καθένα, ανάλογα το πλάνο που έπρεπε να παραχθεί (βλέπε Εικόνα 1.14).

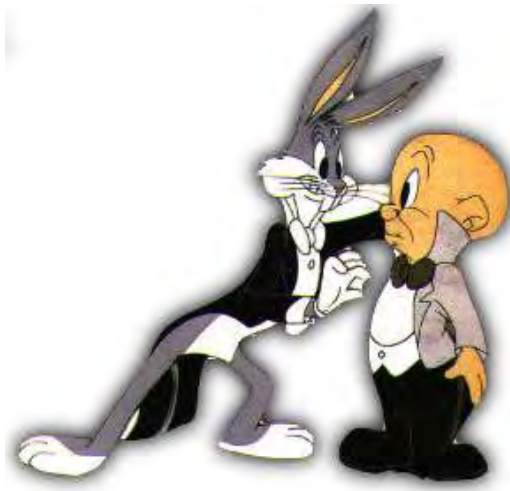


Εικόνα 1.14 Η πολυεπίπεδη κάμερα του Disney

Ήταν η «Χρυσή Εποχή» των κινουμένων σχεδίων και ο Disney δημιούργησε ταινίες όπως το **Fantasia**, το **Bambi**, και το **Dumbo**, χωρίς να έχει, όμως, την αναμενόμενη επιτυχία. Ανάμεσα στην κινηματογράφηση κινουμένων σχεδίων, ο Disney δημιούργησε και μια σειρά από μικρού μήκους κινούμενα σχέδια από το 1929 ως το 1939, τα επωνομαζόμενα **Silly Symphonies**. Σε αυτές τις ταινιούλες, εμφανίστηκαν για πρώτη φορά ο Goofy, ο Pluto, ο Donald Duck και τα Three little Pigs. Γενικά, αυτά που έκαναν τον Disney τόσο δημοφιλή και τόσο μεγάλο, ήταν : (α) το ταλέντο που είχε στο να διαλέγει ελπιδοφόρους σχεδιαστές, οι οποίοι έχουν τεράστιο μερίδιο στην εξέλιξη των studio αλλά και των κινουμένων σχεδίων, (β) η φαντασία του και η τελειομανία του στο να ανακαλύπτει-εφευρίσκει νέους τρόπους ώστε να επιτυγχάνεται πιο γρήγορα η δημιουργία των σχεδίων, (γ) η ικανότητά του να προσδίδει μοναδικές, προσφιλείς προσφιλείς προσωπικότητες στους χαρακτήρες του.

1.4 Άλλα δημοφιλή κινούμενα σχέδια

Εκτός από τον Walt Disney, υπήρχαν και άλλα studio που έκαναν επιτυχίες στη δεκαετία του 1930, όπως οι Warner Brothers και η MGM. Και οι δύο αυτοί κολοσσοί, ξεκίνησαν τη σταδιοδρομία τους προσλαμβάνοντας σχεδιαστές του studio του Disney, πράγμα που είχε ως αποτέλεσμα στην αρχή τα έργα τους να φαίνονται σαν αντιγραφές αυτών του Disney. Με τον καιρό όμως, διαφοροποιήθηκαν από το μεγάλο δημιουργό, δημιουργώντας προσωπικότητες όπως οι Bugs Bunny, Duffy Duck και Tom and Jerry, οι οποίες έφτασαν την κωμωδία σε καινούρια επίπεδα (βλέπε Εικόνα 1.15).



(α)



(β)

Εικόνα 1.15 (α) Bugs Bunny της Warner Bros., (β) Tom and Jerry της MGM

Άλλοι δημοφιλείς σχεδιαστές της εποχής ήταν οι Ub Iwerks, George Stallings, Max Fleischer, Bill Nolan, Chuck Jones, Paul Terry, και Walter Lantz.

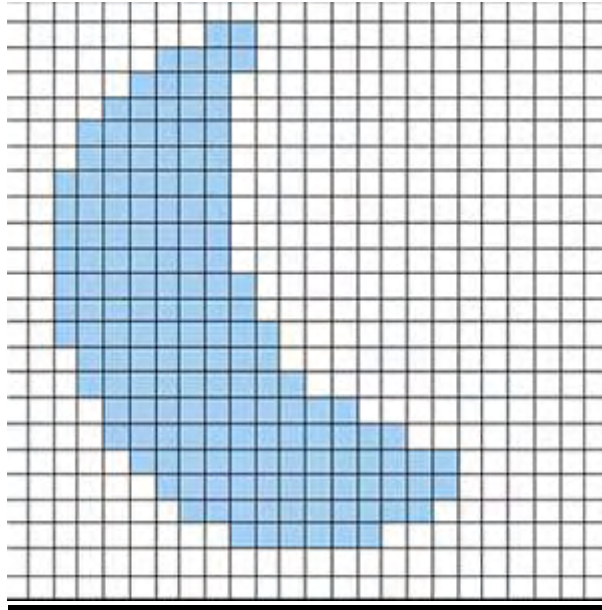
Με την πάροδο του χρόνου, οι ηλεκτρονικοί υπολογιστές έκαναν την εμφάνισή τους. Το 1946, κατασκευάστηκε στο Πανεπιστήμιο της Pennsylvania ο ENIAC, ο πρώτος ηλεκτρονικός υπολογιστής. Από τη στιγμή αυτή και μετά, ο κόσμος (άρα και τα κινούμενα σχέδια) δε θα ήταν ποτέ πια ο ίδιος.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

2. Ιστορία του Computer Animation

2.1 Πριν το 1961

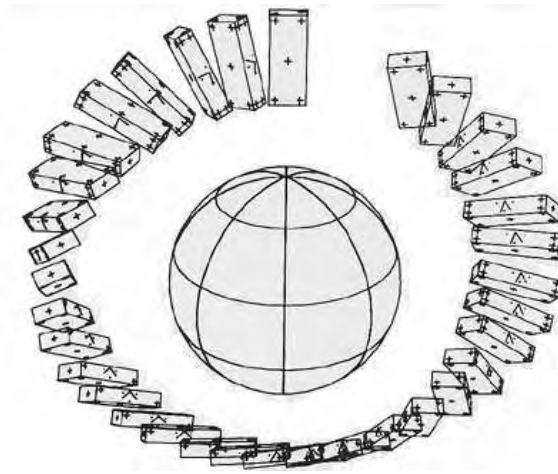
Πέρασαν αρκετά χρόνια από τη δημιουργία του ENIAC μέχρι το πρώτο παράδειγμα αυτού που αργότερα θα ονομαζόταν computer animation. Οι πρώτοι ηλεκτρονικοί υπολογιστές δημιουργήθηκαν για μαθηματικούς σκοπούς και χρειάστηκε να περάσει αρκετός καιρός ώσπου να συνειδητοποιηθούν οι δυνατότητες που είχε. Τα πρώτα κινούμενα σχέδια στο τέλος της δεκαετίας του 1960 και στις αρχές του 1970 δημιουργήθηκαν από ερευνητές σε πανεπιστημιακά εργαστήρια και διορατικούς καλλιτέχνες. Τότε, δημιουργούνταν απλά ράστερ εικόνες που καθοδηγούνταν από αποθήκες καρτέ και η ψηφιακή έξοδος στην τηλεόραση ήταν σε πειραματικό στάδιο. Οι ράστερ εικόνες (raster images) είναι ένας τρόπος αναπαράστασης ψηφιακών εικόνων που ουσιαστικά αναπαριστά την εικόνα ως μια σειρά από bits πληροφορίας, τα οποία μεταφράζονται στην οθόνη ως pixels, δηλαδή σημεία με διάφορα χρώματα που σχηματίζουν μια ολοκληρωμένη εικόνα (βλέπε Εικόνα 2.1).



Εικόνα 2.1 Μια ράστερ εικόνα με τα pixels να δημιουργούν το μισοφέγγαρο.

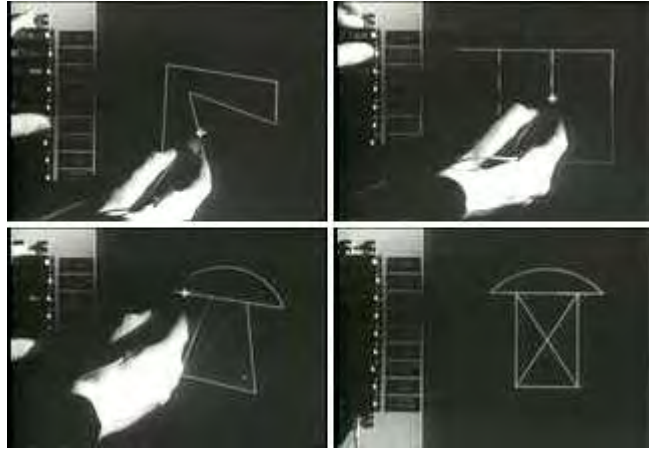
2.2 Οι πρώτοι ερευνητές στα Πανεπιστήμια

Τα γραφικά ηλεκτρονικών υπολογιστών μπορεί να πει κανείς ότι ξεκίνησαν το 1961, με την πρώτη ταινία μικρού μήκους με γραφικά ηλεκτρονικών υπολογιστών (αν και μερικοί διαφωνούν ότι ήταν ταινία), το Two-Gyro Gravity-Gradient Altitude Control System του Edward Zajac που δούλευε στα Bell Labs. Το φιλμ δεν ήταν ψυχαγωγικού χαρακτήρα, αντιθέτως, ο σκοπός του ήταν να αποδείξει ότι ένας δορυφόρος μπορούσε να σταθεροποιηθεί ώστε να κάθε στιγμή η μια πλευρά του να είναι προσανατολισμένη στη Γη, επιτρέποντας έτσι τη χρησιμοποίηση των δορυφόρων ως αναμεταδοτών σημάτων από τη μια μεριά της Γης σε μια άλλη (βλέπε Εικόνα 2.2).



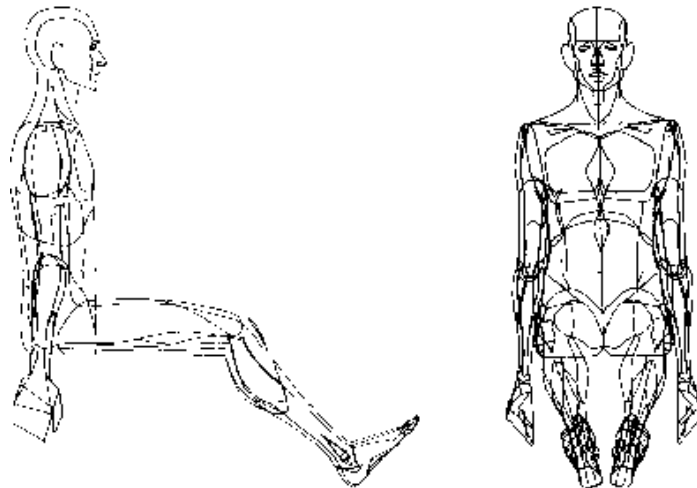
Εικόνα 2.2 Σκηνή από το Two-Gyro Gravity-Gradient Altitude Control System του Edward Zajac

Η πρωτοπορία των γραφικών, ωστόσο, δόθηκε στον Ivan Sutherland, με τη δουλειά του στο Ινστιτούτο Τεχνολογίας της Μασαχουσέτης (MIT). Ο Sutherland, κατά την εκπόνηση της διδακτορικής του διατριβής δημιούργησε το Sketchpad, ένα διαδραστικό σύστημα πάνω σε μια εικόνα διανύσματος. Ο χρήστης μπορούσε να κατασκευάσει μια συναρμολόγηση γραμμών προδιαγράφοντας περιορισμούς μεταξύ των διαφόρων γραφικών στοιχείων. Αν ένα από τα γραφικά στοιχεία κουνιόταν, το σύστημα υπολόγιζε την αλληλεπίδραση των άλλων στοιχείων σε αυτό το χειρισμό προσπαθώντας να ικανοποιήσει τους προδιαγεγραμμένους περιορισμούς και έτσι παράγονταν η σύνθετη κίνηση. Για παράδειγμα, σχεδίαζε ένα V και έδινε εντολή στο μηχάνημα να κάνει τις δύο γραμμές κάθετες μεταξύ τους (βλέπε Εικόνα 2.3).



Εικόνα 2.2 Το Sketchpad του Ivan Sutherland

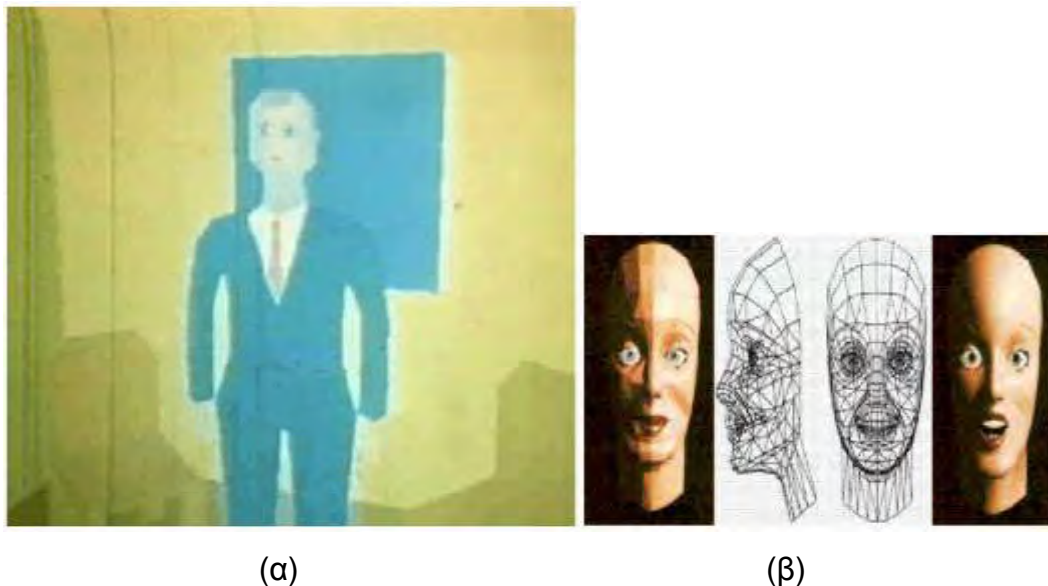
Ένα χρόνο πριν, το 1962 δηλαδή, είχε δημιουργηθεί το πρώτο βιντεοπαιχνίδι στην ιστορία, το Spacewar! από τον Steve Russell στο MIT, ενώ το 1964 ο William Fetter θα σχεδιάσει το πρώτο μοντέλο μιας ανθρώπινης φιγούρας με τη βοήθεια ηλεκτρονικού υπολογιστή για χρήση στη σχεδίαση των cockpits (βλέπε Εικόνα 2.3).



Εικόνα 2.3 Η ανθρώπινη φιγούρα που σχεδίασε ο William Fetter

Στις αρχές της δεκαετίας του 1970, διαδόθηκε περισσότερο η έρευνα κινουμένων σχεδίων σε υπολογιστές στα πανεπιστημιακά εργαστήρια. Το

Πανεπιστήμιο της Utah παρήγαγε διάφορες πρωτοποριακές δουλειές στα κινούμενα σχέδια όπως ένα κινούμενο χέρι και πρόσωπο από τον Ed Catmull (Hand/Face, 1972). Ο Catmull, χρησιμοποίησε το αριστερό του χέρι ως δείγμα για να κατασκευάσει ένα μοντέλο ενός ανθρώπινου χεριού και στη συνέχεια εφήυρε τις μαθηματικές μεθόδους (οι οποίες χρησιμοποιούνται από τότε και στο εξής) για να το παρουσιάσει στις τρεις διαστάσεις. Πάλι στο Πανεπιστήμιο της Utah, ο Barry Wessler δημιούργησε μια ανθρώπινη φιγούρα που περπατά και μιλά (Not Just Reality, 1973) και ένα χρόνο αργότερα (1974) ο Fred Parke δημιούργησε ένα πρόσωπο που μιλά (Talking Face) [βλέπε Εικόνα 2.4].



Εικόνα 2.4 (α) Not Just Reality του Barry Wessler, (β) Talking Face του Fred Parke

Στα μέσα της δεκαετίας του 1970, ο Norm Badler στο Πανεπιστήμιο της Pennsylvania διεξήγαγε έρευνες στην τοποθέτηση μιας ανθρώπινης φιγούρας, του Jack και ανέπτυξε ένα σύστημα για να μετακινεί τη φιγούρα από τη μια θέση στην άλλη. Συνέχισε αυτή την έρευνα και ίδρυσε το Κέντρο Ανθρώπινης Μοντελοποίησης και Προσομοίωσης (Center for Human Modeling and Simulation). Το Jack είναι ένα λογισμικό πακέτο που

αναπτύχθηκε σε αυτό το κέντρο και την τοποθέτηση και την κίνηση ανθρώπινων φιγούρων σε έναν εικονικό κόσμο (βλέπε Εικόνα 2.5).



Εικόνα 2.5 Το Jack του Norm Badler

Μέσα στην ίδια δεκαετία στο Πανεπιστήμιο της Πολιτείας Ohio, το Τμήμα Έρευνας Γραφικών Υπολογιστών (Computer Graphics Research Group, CGRG) παρήγαγε κινούμενα σχέδια χρησιμοποιώντας ένα σύστημα αναπαραγωγής μαγνητικής εγγραφής πραγματικού χρόνου. Το λογισμικό που αναπτύχθηκε από αυτή την ομάδα συμπιέζε καρτέκι κινουμένων σχεδίων και τα αποθήκευε στο δίσκο. Κατά την αναπαραγωγή της μαγνητικής εγγραφής, τα συμπιεσμένα ψηφιακά καρτέκι ανακτώνταν από το δίσκο και περνούσαν στο ειδικού σκοπού υλικό, το οποίο έπαιρνε τις ψηφιακές πληροφορίες, τις αποσυμπιέζε και τις μετέτρεπε σε σήμα βίντεο για απεικόνιση σε μια τηλεόραση.

Το 1975 με τη βοήθεια γλωσσών προγραμματισμού, οι John Whitney και Larry Cuba παρήγαγαν ένα «αφηρημένο» βίντεο, το Arabesque, που ανάλογα με τη νότα που ακουγόταν, δημιουργούσε διαφορετικά σχήματα. Θεωρείται ένα πραγματικό έργο τέχνης (βλέπε Εικόνα 2.6).



Εικόνα 2.6 Στιγμή από το Arabesque των Whitney και Larry Cuba

Στα τέλη της δεκαετίας του 1970, το Ινστιτούτο Τεχνολογίας της Νέας Υόρκης (New York Institute of Technology, NYIT) παρήγαγε διάφορα συστήματα κινουμένων σχεδίων υπολογιστών χάρη σε κάποια άτομα όπως οι Ed Catmull και Alvy Ray Smith. Στα τέλη του 1970, το NYIT ξεκίνησε ένα φιλόδοξο πρότζεκτ για να παράγει μια ταινία εξ ολοκλήρου φτιαγμένη με υπολογιστή, το The Works. Παρόλο που το μεγαλόπνοο πρότζεκτ δεν ολοκληρώθηκε ποτέ, κάποια κομμάτια του παρουσιάστηκαν σε συνέδρια της SIGGRAPH εφόσον αποτελούσαν πρόοδο στον τομέα αυτό (βλέπε Εικόνα 2.7).

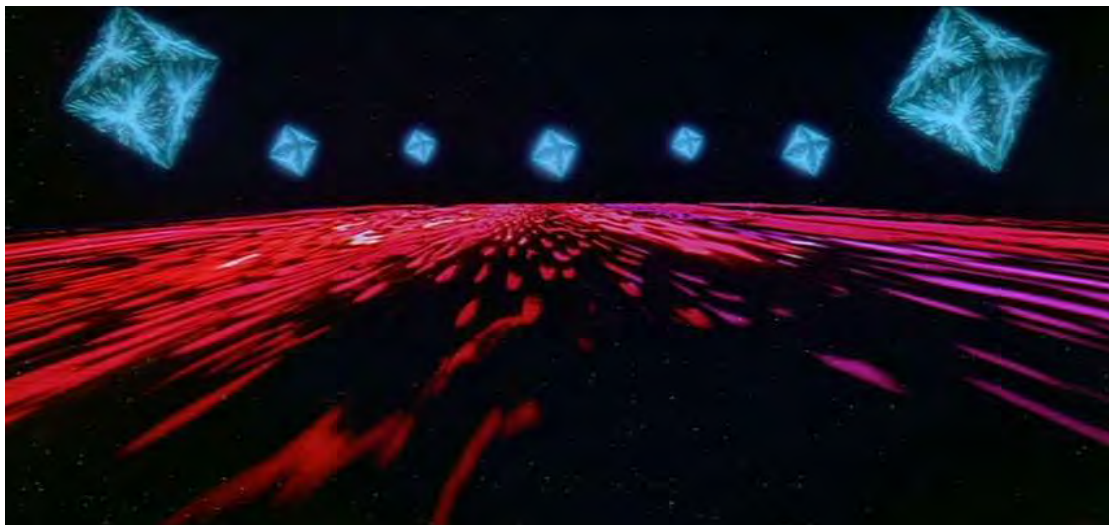


Εικόνα 2.7 The Works

Το 1974 ο Tom DeFanti ανέπτυξε το Graphical Symbiosis System (GRASS) στο Ohio State University, το οποίο εισήγαγε πολλές καινοτομίες και γρήγορα εξαπλώθηκε στην κοινότητα όσων είχαν αρχίσει να ασχολούνται με τα γραφικά μέσω ηλεκτρονικού υπολογιστή. Το GRASS, ωστόσο, είναι περισσότερο γνωστό επειδή ο Larry Cuba στηρίχθηκε πάνω σ' αυτό για να δημιουργήσει τα οπτικά εφέ στην πρώτη ταινία της σειράς *Star Wars Episode IV: A New Hope* (1977).

2.3 Οι πρώτες ταινίες – animation με γραφικά Η/Υ

Η πρώτη ταινία στην οποία χρησιμοποιήθηκε ηλεκτρονικός υπολογιστής για να δημιουργηθεί ένα οπτικό εφέ είναι το «2001: Οδύσσεια του Διαστήματος» του Stanley Kubrick (1968). Εκεί, ο πρωταγωνιστής ουσιαστικά ταξιδεύει στο χρόνο και στο χώρο και χρησιμοποιήθηκαν συνδυασμοί χρωμάτων για να το δικαιολογήσουν (βλέπε Εικόνα 2.8).



Εικόνα 2.8 Ταξίδι στο χωροχρόνο στο «2001: Οδύσσεια του Διαστήματος»

Παρόλα αυτά, δεν ήταν όλες οι σκηνές φτιαγμένες με γραφικά ηλεκτρονικού υπολογιστή, καθώς ορισμένα εφέ, αν και φαίνονται φτιαγμένα από μηχανή, στην πραγματικότητα είναι κινούμενα σχέδια σχεδιασμένα με το χέρι ή οπτικά εφέ με εξειδικευμένη χρήση της κάμερας.

Τρία χρόνια αργότερα, όμως, το 1971, στο *Andromeda Strain* χρησιμοποιήθηκε αποκλειστικά ο ηλεκτρονικός υπολογιστής για τη δημιουργία ενός οπτικού εφέ (ενός οικοδομήματος που περιστρέφεται σε ένα επίπεδο ενός υπόγειου εργαστηρίου). Για την εποχή που δημιουργήθηκε, το συγκεκριμένο εφέ ήταν μπροστά από την εποχή του και έδωσε το έναυσμα και για τις επόμενες ταινίες που θα ακολουθούσαν στο άμεσο μέλλον. Το εφέ, για την ιστορία, δημιουργήθηκε από τον Douglas Trumbull, ο οποίος είχε δουλέψει και στο «2001: Οδύσσεια του Διαστήματος» (βλέπε Εικόνα 2.9).



Εικόνα 2.9 «The Andromeda Strain»

Το 1974, εμφανίζεται στη μεγάλη οθόνη το *Hunger*, μια μικρού μήκους ταινία από την εθνική επιτροπή κινηματογράφου του Καναδά, που θεωρείται το πρώτο πραγματικό κινούμενο σχέδιο φτιαγμένο με ηλεκτρονικούς υπολογιστές. Το *Hunger* ήταν υποψήφιο για το χρυσό αγαλματίδιο στην 47^η απονομή των Oscar στην κατηγορία καλύτερο κινούμενο σχέδιο μικρού μήκους. Η καινοτομία του *Hunger* ήταν το γεγονός ότι ο Nestor Butnyk που έκανε τα γραφικά, υλοποίησε έναν αλγόριθμο ο οποίος σχεδίαζε τα *in-between frames* της ταινίας. Για να γίνουμε περισσότερο κατανοητοί, από τις αρχές της δεκαετίας του 1920, με πρωτοπόρο το studio του Disney, η δημιουργία των κινουμένων σχεδίων είχε ως εξής: οι κύριοι σχεδιαστές ήταν υπεύθυνοι για τη σχεδίαση των *key-frames*, δηλαδή των εικόνων στην αρχή και στο τέλος μιας ομαλής μετάβασης (μιας ακολουθίας εικόνων με παρόμοια χαρακτηριστικά, όπως ίδιος φόντος, ίδιοι χαρακτήρες). Οι βοηθοί σχεδιαστών είναι αυτοί που έχουν ως αποστολή να σχεδιάσουν τις ενδιάμεσες εικόνες, τα *in-betweens* (βλέπε Εικόνα 2.10).



Εικόνα 2.10 Τα key frames και τα in-betweens

Άρα λοιπόν, αυτό που κατάφερε ο Butnyk ήταν να δημιουργήσει ένα πρόγραμμα που ουσιαστικά αντικαθιστούσε τους βοηθούς σχεδιαστών κινουμένων σχεδίων. Έτσι δημιουργήθηκε το *Hunger*, με αποτέλεσμα όλα τα κινούμενα σχέδια αλλά και οι κινηματογραφικές ταινίες από το σημείο αυτό και έπειτα να χρησιμοποιούν παρόμοιους αλγορίθμους για να σχεδιάζουν τα in-betweens (ενδιάμεσα πλαίσια) [βλέπε Εικόνα 2.11].



Εικόνα 2.11 Σκηνή από το Hunger

Μέχρι εκείνη την εποχή, τα γραφικά με τη βοήθεια των ηλεκτρονικών υπολογιστών εφαρμόζονταν μόνο στις δύο διαστάσεις (2D). Στο Futureworld (1976) του Richard T. Heffron, όμως, χρησιμοποιήθηκαν για πρώτη φορά γραφικά ηλεκτρονικού υπολογιστή και στις τρεις διαστάσεις για να δημιουργηθεί ένα εφέ σε μια σκηνή της ταινίας. Τα γραφικά ήταν ένα πρόσωπο και ένα χέρι και τα δημιούργησε ο Ed Catmull, ο οποίος είχε κάνει παρόμοια δουλειά και το 1972 στο Πανεπιστήμιο της Utah, όπως αναφέρεται και σε παραπάνω σελίδα. Τα οπτικά εφέ, πρωτοποριακά και φαντασμαγορικά για την εποχή, βραβεύτηκαν το 1994 με το βραβείο Scientific and Engineering Academy Award (βλέπε Εικόνα 2.12).



Εικόνα 2.12 Futureworld του Richard T. Heffron

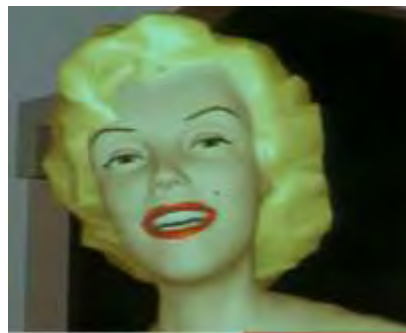
Μ' αυτά και μ' αυτά, φθάνουμε στην ταινία που άλλαξε τα πάντα, όχι μόνο όσον αφορά την εξέλιξη των γραφικών ηλεκτρονικού υπολογιστή, αλλά και στον τρόπο που δημιουργούνταν οι κινηματογραφικές ταινίες από τούδε και στο εξής: το Star Wars του George Lucas (1977) που αργότερα μετονομάστηκε σε Star Wars Episode IV: A New Hope για να ξεχωρίζει από τα sequels και prequels που δημιουργήθηκαν εξαιτίας της τεράστιας επιτυχίας του. Για την ταινία χρησιμοποιήθηκε το σύστημα GRASS (όπως αναφέρουμε και σε παραπάνω σελίδα) του Tom DeFanti. Το εφέ που δημιουργήθηκε δεν ήταν τίποτα το σπουδαίο οπτικά (παρουσίαζε στους πιλότους-επαναστάτες το Death Star, έναν διαστημικό σταθμό που ουσιαστικά ήταν ένα υπερόπλο του εχθρού), αλλά για την εποχή ήταν πρωτόγνωρο και πρωτοποριακό (βλέπε Εικόνα 2.13).



Εικόνα 2.13 Εικονική αναπαράσταση του Death Star

Στις αρχές του 1980, οι Daniel Thalmann και Nadia Magnenat-Thalmann άρχισαν να δουλεύουν στα κινούμενα σχέδια υπολογιστών στο Πανεπιστήμιο του Montreal. Με την πάροδο του χρόνου, τα εργαστήριά τους παράγγααν

διάφορα εντυπωσιακά κινούμενα σχέδια όπως τα: *Dream Flight* (N.Magnenat-Thalman και D. Thalman, 1982), *Tony de Peltrie* (P. Bergeron, 1985), και *Rendez-vous à Montréal* (N. Magnenat - Thalman και D.Thalman, 1988) [βλέπε Εικόνα 2.14].



Εικόνα 2.14 Πάνω αριστερά: *Dream Flight*, πάνω δεξιά: *Tony De Peltie*, κάτω: *Rendez-vous à Montréal*

Καθώς περνάμε στη δεκαετία του 1980, ταινίες όπως παραδείγματος χάριν το *Looker* (1981) άρχισαν να ενσωματώνουν απλά κινούμενα σχέδια υπολογιστών σαν παράδειγμα προηγμένης τεχνολογίας. Το *Looker*, είχε ως πρωταγωνιστή τη Cindy, τον πρώτο χαρακτήρα στην ιστορία της κινηματογραφίας που δημιουργήθηκε εξ ολοκλήρου με τη βοήθεια γραφικών

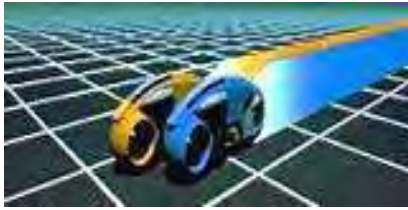
ηλεκτρονικού υπολογιστή. Ήταν η πρώτη φορά που τη θέση ενός ηθοποιού την καταλάμβανε ένα οπτικό εφέ (βλέπε Εικόνα 2.15).



Εικόνα 2.15 Η Cindy σε σκηνή από το Looker

Μια από τις πρώτες εταιρείες που χρησιμοποίησαν κινούμενα σχέδια υπολογιστών ήταν η Mathematical Application Group Inc. (MAGI), η οποία χρησιμοποίησε καινοτόμους αλγόριθμους για να παρέχει στους θεατές πιο επιστημονικές οπτικοποιήσεις.

Η ανάπτυξη του υλικού και του λογισμικού στη δεκαετία του 1980, συνέβαλε στην εξέλιξη των κινουμένων σχεδίων. Το 1982 δημιουργήθηκε το TRON της Disney (στη δημιουργία του οποίου, όμως, συνεργάστηκε και η MAGI), η οποία αποτέλεσε ορόσημο στη δημιουργία περιβάλλοντος, με κινούμενα γραφικά αντικείμενα μέσα σε αυτό, χρησιμοποιώντας κυρίως τον υπολογιστή. Μέχρι τότε, η κύρια χρήση των γραφικών υπολογιστών στις ταινίες ήταν να δείχνουν στην οθόνη κάτι που υποτίθεται ότι ήταν μια εικόνα γραφικών (Futureworld, 1976, Star Wars, 1977, Looker, 1981). Η ιστορία του TRON (χρήστες ηλεκτρονικών παιχνιδιών οι οποίοι μεταφέρονται «μέσα» στον ηλεκτρονικό υπολογιστή) γράφτηκε ως αποτέλεσμα της μόδας και της τρέλας του κόσμου για τα ανερχόμενα, ακόμη, βιντεοπαιχνίδια. Στην ταινία, γίνεται για πρώτη φορά εκτενής χρήση γραφικών (γύρω στα είκοσι λεπτά) για να οπτικοποιηθεί το εσωτερικό ενός ηλεκτρονικού υπολογιστή, όπου εξελίσσεται και η περισσότερη δράση (βλέπε Εικόνα 2.16).



Εικόνα 2.16 Σκηνές από το TRON

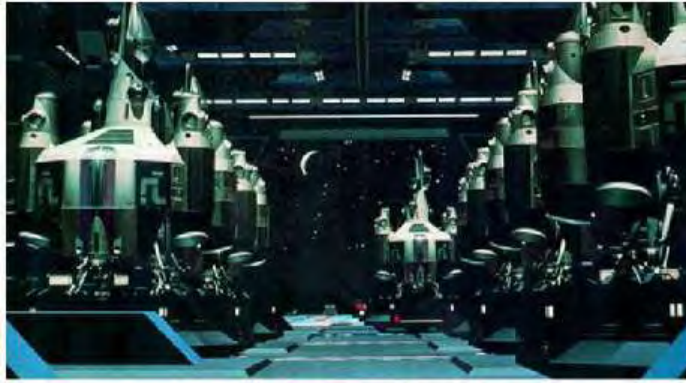
Στο TRON αποτυπώθηκε και ο «χαρακτήρας» Bit, της βασικότερης μονάδας πληροφορίας στα υπολογιστικά συστήματα.

Στην ταινία Star Trek II: The Wrath of Khan του 1982 εμφανίζεται η πρώτη σκηνή σε κινηματογραφική ταινία που δημιουργήθηκε αποκλειστικά με τη βοήθεια ενός ηλεκτρονικού υπολογιστή και ονομάστηκε “Genesis Effect”. Οι δημιουργοί της ήταν οι μετέπειτα τρομερά επιτυχημένοι επικεφαλείς της ανερχόμενης, τότε, εταιρίας γραφικών και οπτικών εφέ, Pixar (βλέπε Εικόνα 2.17).



Εικόνα 2.17 Το “Genesis Effect” από το Star Trek II: The Wrath of Khan

Μια από τις πρώτες χρήσεις γραφικών υπολογιστών σε ταινίες ήταν να μοντελοποιήσουν διαστημόπλοια. Η ταινία *The Last Starfighter* (1984) χρησιμοποίησε γραφικά για ειδικά εφέ. Η δράση λαμβάνει χώρα στο διάστημα και σε πλανήτες. Τα γραφικά υπολογιστών χρησιμοποιήθηκαν για τις σκηνές στο διάστημα και φυσικά μοντέλα χρησιμοποιήθηκαν για τις σκηνές στους πλανήτες. Περίπου είκοσι λεπτά γραφικών υπολογιστών χρησιμοποιήθηκαν στην ταινία και ενώ δεν ήταν δύσκολο να καταλάβει κανείς πότε γίνονταν η αλλαγή μεταξύ γραφικών υπολογιστή και φυσικών μοντέλων, ήταν η πρώτη φορά που τα γραφικά χρησιμοποιήθηκαν σε τόσο μεγάλο μέρος της ταινίας και έμοιαζαν αρκετά ρεαλιστικά (βλέπε Εικόνα 2.18). Για να δημιουργηθούν τα γραφικά που χρησιμοποιήθηκαν στην ταινία, χρειάστηκαν παραπάνω από δύο χρόνια και ένας υπερ-υπολογιστής, ο CRAY XMP-2, που κόστισε εκατομμύρια δολάρια, ένα υπέρογκο ποσό για την εποχή εκείνη.



Εικόνα 2.18 The Last Starfighter

Στο Young Sherlock Holmes του 1985, η παραγωγή έγινε από τον Steven Spielberg και τα γραφικά δημιουργήθηκαν από την Pixar, η οποία ήταν ακόμα μέρος της LucasFilm. Αυτή η συνεργασία είχε ως αποτέλεσμα την, αντικειμενικά, πρώτη εμφάνιση ενός ρεαλιστικότατου χαρακτήρα που δημιουργήθηκε αποκλειστικά με γραφικά ηλεκτρονικών υπολογιστών. Ο χαρακτήρας έγινε γνωστός ως «the stained-glass man», δηλαδή ο άνθρωπος από λερωμένο γυαλί και ήταν επίσης ο πρώτος χαρακτήρας ο οποίος σαρώθηκε και εκτυπώθηκε στην οθόνη (κατά τη διαδικασία παραγωγής) χρησιμοποιώντας laser (βλέπε Εικόνα 2.19).



Εικόνα 2.19 Ο “Stained-Glass Man”

Το 1988 δημιουργείται μια πανέξυπνη μικρού μήκους ταινία (πέντε λεπτών), το Technological Threat με θέμα την «αρπαγή» της εργασίας των ανθρώπων από τεχνολογικά όντα. Ένα χρόνο αργότερα, στην ταινία The Abyss του James Cameron, χρησιμοποιήθηκαν υποβρύχια ειδικά εφέ για να δημιουργηθεί το Pseudopod, ένας εξωγήινος που έπαιρνε τη μορφή του με τη βοήθεια του νερού. Η διαδικασία απεικόνισής του κράτησε οκτώ μήνες.

Πάλι σε ταινία του James Cameron, το Terminator II: Judgement Day, παρατηρείται η πρώτη «σπατάλη» ειδικών εφέ σε κινηματογραφική ταινία, κάτι από τότε ως σήμερα γίνεται κατά κόρον σε όλες τις μεγάλες παραγωγές. Επίσης, πιο δελεαστική είναι η χρήση γραφικών για τη ρεαλιστική μοντελοποίηση πλασμάτων με τα οποία το κοινό είναι εξοικειωμένο. Το Jurassic Park (1993) είναι η πρώτη ταινία χρησιμοποιεί εξ ολοκλήρου χαρακτήρες φτιαγμένους με γραφικά υπολογιστών (δεινοσαύρους). Το Jumanji(1995) χρησιμοποιεί διάφορα ζώα της ζούγκλας με γραφικά (βλέπε Εικόνα 2.20).



Εικόνα 2.20 Σκηνή από το Jurassic Park

Από τη λίστα δε θα μπορούσε να λείπει το Lion King (1994), το οποίο συνδυάζει την κλασική δημιουργία κινουμένων σχεδίων με τα σύγχρονα εφέ, όπως και το The Matrix των αδελφών Wachowski, μια ταινία σταθμός στα ειδικά εφέ που αποτελούσαν το 1/5 ολόκληρης της ταινίας. Συνεχίζοντας, το Ιαπωνικό Final Fantasy: The Spirits Within (2001), ήταν η πρώτη

κινηματογραφική ταινία που βασίστηκε πάνω σε πρωτότυπα (φανταστικά) σχέδια. Δεν χρησιμοποιήθηκε, δηλαδή, ούτε πραγματικό περιβάλλον, ούτε άνθρωποι. Τα πάντα ήταν φτιαγμένα αποκλειστικά με γραφικά ηλεκτρονικών υπολογιστών και οι ανθρώπινες φιγούρες – ήρωες της ταινίας πρώτη φορά πλησίαζαν τόσο πολύ τα χαρακτηριστικά των κανονικών ανθρώπων. Η ταινία, εξαιτίας του εξαιρετικά υψηλού κόστους παραγωγής, χρειάστηκε τέσσερα χρόνια να ολοκληρωθεί και είχε συνολικά 52 εκατομμύρια δολάρια ζημία (βλέπε Εικόνα 2.21).



Εικόνα 2.21 Η Aki Ross, ο πιο περίπλοκος χαρακτήρας στην ιστορία των γραφικών και των ειδικών εφέ (Final Fantasy: The Spirits Within)

2.4 Pixar και Dreamworks

Ειδική αναφορά πρέπει να γίνει στην Pixar και στην Dreamworks, οι οποίες είναι οι δύο πρωτοπόρες εταιρίες στα κινούμενα σχέδια με ηλεκτρονικούς υπολογιστές αλλά είναι επίσης και αυτές με τα πιο ακριβά project, τη μεγαλύτερη εισπρακτική επιτυχία, και αυτές που προώθησαν το computer animation ως μία μορφή τέχνης.

2.4.1 Pixar

Η πορεία της Pixar, ειδικά τα πρώτα χρόνια, κάθε άλλο παρά παραμυθένια ήταν. Η ιστορία της ξεκινά το 1979, όταν και ιδρύθηκε με όνομα The Graphics Group στην εταιρία του George Lucas (LucasFilm) και προσέλαβε τον Ed Catmull από το New York Institute of Technology (ήταν επικεφαλής του τμήματος γραφικών του Πανεπιστημίου, του Computer Graphics Lab). Ο Catmull, ήταν πρωτοπόρος των γραφικών υπολογιστή και είχε στα σκαριά το πειραματικό κινούμενο σχέδιο The Works το οποίο, όπως αναφέραμε παραπάνω, δεν ολοκληρώθηκε ποτέ. Τα πρώτα χρόνια της ύπαρξής της, η Pixar (The Graphics Group δηλαδή), δημιουργούσε κυρίως εφέ σε ταινίες όπως Star Trek II: The Wrath of Khan και Young Sherlock Holmes και ο ρεαλισμός των εφέ συνετέλεσε στην αγορά της από τον πρώην επικεφαλής της Apple, Steve Jobs. Προηγουμένως, ο John Lasseter είχε δημιουργήσει τη μικρού μήκους ταινία κινουμένων σχεδίων (δίλεπτη για την ακρίβεια) για το γιο του, το the Adventures of Andre and Wally B., που θεωρείται το πρώτο κινούμενο σχέδιο της εταιρίας. Το 1986, η Pixar, πλέον, με τον John Lasseter ως σκηνοθέτη, δημιουργεί το Luxo Jr., μια μικρού μήκους ταινία (δυόμιση λεπτών) με την οποία επιδείκνυε τις δυνατότητές της (βλέπε Εικόνα 2.22).



Εικόνα 2.22 To Luxo Jr.

Ένα χρόνο αργότερα, δημιουργείται το Red's Dream, ακόμη μία μικρού μήκους ταινία του John Lasseter, ενώ το 1988 έχουμε το Tin Toy που

ουσιαστικά είναι ένας προπομπός του Toy Story. Το Tin Toy είναι η πρώτη ταινία κινουμένων σχεδίων με γραφικά ηλεκτρονικού υπολογιστή που κέρδισε το Oscar για την κατηγορία «Καλύτερο Κινούμενο Σχέδιο Μικρού Μήκους». Ο καταγισμός των κινουμένων σχεδίων μικρού μήκους συνεχίζεται με τη έκδοση του Knick Knack (1989), την τελευταία δημιουργία της Pixar σε διάστημα πέντε ετών. Το 1990, ο Steve Jobs πουλά τα μηχανήματα της εταιρίας στην Vicom Systems, ενώ το 1991 η Pixar κλείνει μια συμφωνία με την Disney για την παραγωγή τριών κινουμένων σχεδίων με γραφικά υπολογιστή.

Η πρώτη από αυτές ήταν το κλασσικό, πλέον, Toy Story (1995), η πρώτη ταινία κινουμένων σχεδίων που χρησιμοποιούσε αποκλειστικά γραφικά ηλεκτρονικού υπολογιστή. Το Toy Story, έκανε τους πάντες να συνειδητοποιήσουν ότι άρχισε σιγά-σιγά να δημιουργείται μια καινούρια βιομηχανία, αυτή της παραγωγής κινουμένων σχεδίων με τη βοήθεια της αναπτυσσόμενης τεχνολογίας των ηλεκτρονικών υπολογιστών. Εταιρίες κινουμένων σχεδίων, παραγωγής βιντεοπαιχνιδιών, ακόμη και επιστήμονες, όλοι ήθελαν να μάθουν το μυστικό της Pixar (βλέπε Εικόνα 2.23).



Εικόνα 2.23 Σκηνή από το Toy Story

Η συνέχεια αποδείχτηκε ονειρική για την Pixar, αφού τα κέρδη του Toy Story έφθασαν τα 362 εκατομμύρια δολάρια και δε χρειαζόταν να εξαρτιέται από

κανέναν για να δημιουργήσει τις ταινίες της. Το 1997, παρουσιάζει το Geri's Game που ήταν η πρώτη μικρού μήκους ταινία μετά το Knick Knack (επτά χρόνια μετά), και αποσπά το Oscar για την καλύτερη μικρού μήκους ταινία κινουμένων σχεδίων.

Τα κέρδη της εταιρίας αυξάνονταν συνεχώς στις επόμενες μεγάλου μήκους ταινίες που έβγαιναν στις αίθουσες. Τα A Bug's Life (1998), Toy Story 2 (1999) και Monsters Inc. (2001) έκαναν πάταγο στις αίθουσες και τα γραφικά που δημιουργούσαν οι σχεδιαστές γινόταν όλο και πιο αληθοφανή. Η τεράστια επιτυχία ήρθε το 2003 με το Finding Nemo, το οποίο κέρδισε το Oscar για το καλύτερο κινούμενο σχέδιο και τα κέρδη του ανήλθαν στα 868 εκατομμύρια δολάρια (βλέπε Εικόνα 2.24).



Εικόνα 2.24 Σκηνή από το Finding Nemo

Η συνέχεια ήταν το ίδιο ελκυστική και κερδοφόρα με ταινίες όπως The Incredibles (2004), Cars (2006), Ratatouille (2007), WALL-E (2008) και Up (2009), από τις οποίες μόνο το Cars δεν κέρδισε το Oscar στην κατηγορία «Καλύτερο Κινούμενο Σχέδιο». Τέλος, το 2010 βγήκε στις αίθουσες η δεύτερη συνέχεια του Toy Story, με συνολικά κέρδη πάνω από ένα δισεκατομμύριο δολάρια.

2.4.2 Dreamworks

Άλλη μια εταιρία με μεγάλο αντίκτυπο στα κινούμενα σχέδια ηλεκτρονικού υπολογιστή ήταν η Dreamworks, η οποία ιδρύθηκε το 1994 από τον Steven Spielberg, τον David Geffen και τον Jeffrey Kaltzenberg – και οι τρεις κολοσσοί στους τομείς τους. Η εταιρία υπέγραψε μια συμφωνία παραγωγής με την Pacific Data Images του Carl Rosendahl, η οποία είχε ήδη αποκομίσει κάποια εμπειρία στα οπτικά εφέ, αφού είχε συνεισφέρει σε ταινίες όπως το Terminator 2 : Judgment Day.

Η πρώτη μεγάλου μήκους ταινία της Dreamworks ήταν το Antz του 1998, στην οποία γνωστοί ηθοποιοί (μεταξύ άλλων οι Sylvester Stallone, Gene Hackman, Dan Aykroyd, Anne Bancroft και Christopher Walken) έδωσαν τις φωνές τους σε χαρακτήρες μιας κοινωνίας μυρμηγκιών. Το πρωτοποριακό της ταινίας ήταν το γεγονός ότι τα πρόσωπα των μυρμηγκιών έμοιαζαν χαρακτηριστικά με αυτά των ηθοποιών που τα ντουμπλάριζαν (βλέπε Εικόνα 2.25).



Εικόνα 2.25 Σκηνή από το Antz

Παρατηρώντας την επιτυχία που είχε η πρώτη τους απόπειρα στα κινούμενα σχέδια, η Dreamworks δημιούργησε ένα ξεχωριστό κομμάτι της που θα είχε ως αποκλειστικό στόχο την παραγωγή κινουμένων σχεδίων – με χρήση ηλεκτρονικού υπολογιστή και μη, την Dreamworks Animation.

Έτσι, δημιουργήθηκαν οι ταινίες The Prince of Egypt (1998), The Road to El Dorado (2000) και Chicken Run (2000). Οι δύο πρώτες ήταν παραδοσιακά κινούμενα σχέδια δύο διαστάσεων χωρίς χρήση γραφικών ηλεκτρονικού υπολογιστή. Το Chicken Run, από την άλλη δημιουργήθηκε με την τεχνική του stop motion, δηλαδή αφού είχε δημιουργηθεί το περιβάλλον, τα αντικείμενα (συνήθως κατασκευασμένα από πυλό) φωτογραφίζονταν, και στη συνέχεια μετακινούνταν ελάχιστα και φωτογραφίζονταν εκ νέου με αποτέλεσμα να υπάρχει η ψευδαίσθηση της κίνησης αν τα καρέ (φωτογραφίες) αναπαράγονταν ως μία ακολουθία εικόνων (βλέπε Εικόνα 2.26). Αυτό το είδος κινουμένων σχεδίων, μιας και δεν είχε καμία ομοιότητα με την παραδοσιακή δημιουργία κινουμένων σχεδίων, αποσχίστηκε και είναι ένα ολόκληρο νέο είδος παραγωγής κινουμένων σχεδίων που ονομάζεται Stop Motion Animation ή Claymation (από το clay = πυλός, το βασικό στοιχείο κατασκευής των αντικειμένων).



Εικόνα 2.26 Σκηνή από το Chicken Run

Η Dreamworks αξίζει ειδική μνεία, όχι γιατί δημιούργησε ταινίες Claymation, αλλά επειδή εν έτει 2001 δημιούργησε το κλασσικό κινούμενο σχέδιο με ηλεκτρονικό υπολογιστή, Shrek. Χωρίς την ταινία αυτή, θα ήταν απλά μία ακόμη εταιρία παραγωγής κινουμένων σχεδίων. Το Shrek, ήταν η πρώτη ταινία που κέρδισε το Oscar καλύτερου κινουμένου σχεδίου και είχε τους πιο ρεαλιστικούς (από άποψη χαρακτηριστικών προσώπου) χαρακτήρες έως τότε, οι οποίοι έγιναν πραγματικότητα χάρη σε ένα πρωτοποριακό σύστημα που επεξεργαζόταν κανονικές φωτογραφίες ανθρώπων και δημιουργούσε τα χαρακτηριστικά σε μορφή κινουμένων σχεδίων (βλέπε Εικόνα 2.27).



Εικόνα 2.27 To Shrek

Η τεράστια επιτυχία, και εμπορική αλλά και τεχνολογική, του Shrek είχε ως αποτέλεσμα έναν καταιγισμό από κινούμενα σχέδια εκ μέρους της Dreamworks, όπως τα Shark Tale (2004), Madagascar (2005), Wallace & Gromit: The Curse of the Were-Rabbit (2005), Bee Movie (2007) και Kung Fu Panda (2008), μεταξύ άλλων. Επίσης, δημιουργήθηκαν άλλες δύο συνέχειες του Shrek, το Shrek 2 (2004) – το κινούμενο σχέδιο με το μεγαλύτερο κέρδος μέχρι πέρυσι που το πέρασε το Toy Story 3 – και το Shrek Forever After (2010).

Συνεπώς, τα γραφικά ηλεκτρονικών υπολογιστών, είτε αυτά είναι οπτικά εφέ σε κινηματογραφικές ταινίες είτε τρισδιάστατα κινούμενα σχέδια, αποτέλεσαν μια επανάσταση στο χώρο της κινηματογραφίας, άρα και της τέχνης γενικότερα. Η ανάπτυξή τους ήταν πολύ μεγάλη από τότε που ξεκίνησαν από τον Ivan Sutherland στο Πανεπιστήμιο της Utah. Η χρήση ψηφιακής τεχνολογίας ήταν ένα μεγάλο και σημαντικό βήμα στην ιστορία των κινουμένων σχεδίων αλλά και στην εξέλιξη των αλγορίθμων και των ηλεκτρονικών υπολογιστών. Πλέον, τα κινούμενα σχέδια, με τη διάδοση του Internet και με το ρεαλισμό που προσέφεραν, είναι πλέον προσιτά σε πάρα πολλούς ανθρώπους.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

3. Παραγωγή και αρχές των κινουμένων σχεδίων

3.1 Η διαδικασία παραγωγής κινουμένων σχεδίων

Η διαδικασία παραγωγής κινουμένων σχεδίων δεν διαφέρει από τη διαδικασία παραγωγής (production pipeline) ενός κινηματογραφικού έργου. Αποτελείται από τρία στάδια, το καθένα από τα οποία αποτελείται από επιμέρους βήματα. Τα στάδια αυτά είναι η **προπαραγωγή** (pre-production), η κυρίως **παραγωγή** (production) και η **μετα-παραγωγή** (post production).

Η **προπαραγωγή** περιλαμβάνει την ανάπτυξη της πλοκής και γραφή του σεναρίου, την καταγραφή των διαλόγων, την ανάπτυξη του οπτικού ύφους του έργου, τη σχεδίαση των χαρακτήρων, το εικονογραφημένο σενάριο (storyboard) ή πάνελ της ιστορίας, και το εικονογραφημένο σενάριο με κίνηση (animatic), την πρόχειρη τρισδιάστατη απόδοση του σεναρίου (previsualization) και τα animatic σε συγχρονισμό με τους διαλόγους.

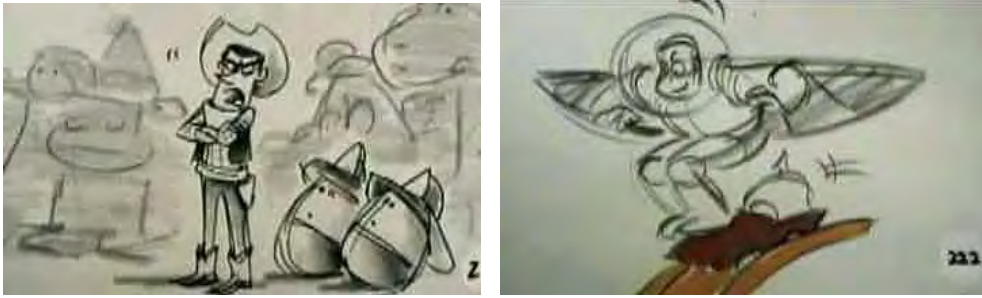
Η κυρίως **παραγωγή** περιλαμβάνει τη δημιουργία μοντέλων, το στήσιμο των σκηνών του έργου, την τοποθέτηση του σκελετού και των εργαλείων ελέγχου (rigging), τη συλλογή κινητικών δεδομένων, την αντιγραφή κίνησης από τον πραγματικό κόσμο (rotoscoping) και τη σύλληψη κινήσεων της κάμερας (camera tracking), τη σχεδίαση των υφών, την απόδοση κίνησης στους χαρακτήρες του έργου, τη δημιουργία των εφέ, καθώς και τον φωτισμό, τη σκίαση και την τελική αναπαράσταση της εικόνας.

Η **μετα-παραγωγή** περιλαμβάνει τη σύνθεση των εικόνων, τη μετα-επεξεργασία και το τελικό αποτέλεσμα που βλέπει ο θεατής στην οθόνη.

3.1.1 Προ-παραγωγή

Η ανάπτυξη της πλοκής σε σενάριο είναι το πρώτο και σημαντικότερο βήμα στην ανάπτυξη ενός έργου, καθώς πίσω από κάθε πετυχημένο έργο πληροφορικής κινηματογραφίας κρύβεται μία πρωτότυπη ιδέα και μια «δυνατή» ιστορία. Ο υπεύθυνος για την ανάπτυξη της πλοκής πλάθει την ιστορία και την προσωπικότητα των χαρακτήρων. Στη συνέχεια γράφεται το σενάριο, και αναλύεται σε σκηνές και ακολουθίες σκηνών . Επόμενο βήμα είναι η καταγραφή των διαλόγων, που είναι ο κύριος μοχλός δράσης για ένα κινούμενο σχέδιο. Στο βήμα της ανάπτυξης οπτικού ύφους καθορίζεται η ατμόσφαιρα, το στυλ, και η γενικότερη αίσθηση του έργου. Ειδική ομάδα από γλύπτες, ζωγράφους και εικονογράφους είναι επιφορτισμένη με τον προσδιορισμό των χαρακτήρων, του περιβάλλοντος και των αντικειμένων του περιβάλλοντος. Το δεύτερο πιο σημαντικό στοιχείο είναι οι σχεδίαση χαρακτήρων. Η εμφάνιση και το ύφος (στυλ) των χαρακτήρων καθορίζεται μέσα από σχέδια, γλυπτά, μακέτες, και μοντέλα φτιαγμένα στον υπολογιστή. Είναι πολύ σημαντική η συνεργασία των σχεδιαστών χαρακτήρων με τους τεχνικούς που είναι υπεύθυνοι για τη δημιουργία μοντέλων, την τοποθέτηση των εργαλείων ελέγχου, και την απόδοση υφών των χαρακτήρων. Το εικονογραφημένο σενάριο είναι μια πρώτη προσπάθεια μεταφοράς της ιστορίας του έργου σε εικόνες. Για κάθε σκηνή περιγράφουν με λεπτομέρεια τι συμβαίνει σε κάθε πλάνο, τη γενική σύνθεση του πλάνου, και τις κινήσεις της κάμερας (βλέπε Εικόνα 3.1).





Εικόνα 3.1 Τέσσερα πλάνα του εικονογραφημένου σεναρίου (storyboard) της ταινίας Toy Story (1995)

Το επόμενο βήμα είναι η δημιουργία των animatic, που είναι ένα σύνολο από εικόνες του προηγούμενου βήματος, με τον κατάλληλο χρονισμό του κάθε πλάνου και των χαρακτήρων, ενώ η κίνησή τους είναι συνήθως πρόχειρη και δοκιμαστική. Ουσιαστικά, τα animatics χρησιμοποιούνται για να δημιουργηθεί μια πρώτη ιδέα του πώς θα φαίνεται η σκηνή και μ' αυτόν τον τρόπο οι σχεδιαστές και οι σκηνοθέτες μπορούν να επιλύσουν οποιοδήποτε πρόβλημα χρονισμού προκύψει. Τέλος, στο storyboard εφαρμόζεται το previsualization, δηλαδή μια τεχνική οπτικοποίησης των διαφόρων σκηνών, προτού αυτές χρησιμοποιηθούν στα γυρίσματα και τα πλεονεκτήματά της είναι το γεγονός ότι βοηθούν τους σκηνοθέτες όσον αφορά το φωτισμό, την τοποθέτηση της κάμερας κλπ.

3.1.2 Παραγωγή

Στη διάρκεια της κυρίως παραγωγής η στόχευση μετατοπίζεται από το σχεδιασμό στην υλοποίηση του έργου. Στο πρώτο βήμα παραγωγής υλοποιούνται τα μοντέλα των χαρακτήρων και του περιβάλλοντος χώρου του έργου. Για το βήμα του στησίματος σκηνών χρησιμοποιούνται συνήθως πρόχειρα μοντέλα των χαρακτήρων, του περιβάλλοντος, και των αντικειμένων, ώστε να μπορέσουν να σκιαγραφηθούν σε γενικές γραμμές οι

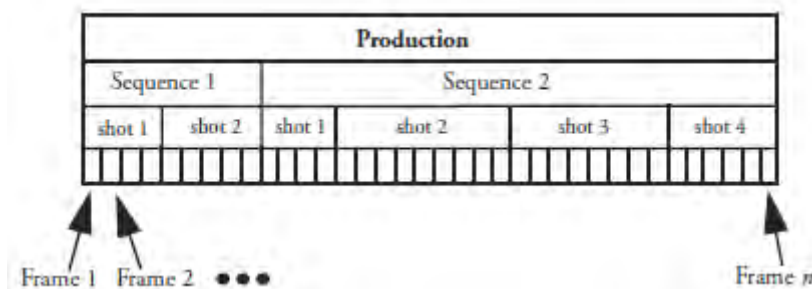
θέσεις και οι κινήσεις των χαρακτήρων και της κάμερας. Η τοποθέτηση των εργαλείων ελέγχου στους χαρακτήρες πραγματοποιείται από τεχνικούς, και επιτρέπει στους σχεδιαστές να προχωρήσουν στο επόμενο βήμα που είναι η απόδοση κίνησης στους χαρακτήρες. Η συλλογή κινητικών δεδομένων είναι ένα κρίσιμο βήμα της παραγωγής όταν είναι απαραίτητη η συλλογή κινητικών δεδομένων από ανθρώπους. Η απόδοση κίνησης γίνεται σε στάδια, ξεκινώντας αρχικά με την πρόχειρη απόδοση κίνησης, και φτάνοντας στη ραφινάρισμένη, τελική κίνηση. Στην αρχή της παραγωγής δημιουργούνται οι γενικές πόζες του σώματος με βάση πρόχειρα μοντέλα. Στη συνέχεια προστίθενται οι δευτερεύουσες κινήσεις και η κίνηση στο πρόσωπο, και τέλος ακολουθεί η προσθήκη των λεπτομερειών και το τελικό ραφινάρισμα. Σε περίπτωση που απαιτούνται ειδικά εφέ, η ομάδα που αναλαμβάνει τη δημιουργία των εφέ είναι υπεύθυνη για την απόδοση κίνησης σε φυσικά φαινόμενα όπως η βροχή, η φωτιά, και ο αέρας.

Γενικά, η παραγωγή χρησιμοποιεί την ιεραρχία των τεσσάρων επιπέδων.

Αυτή αποτελείται από:

- ✓ Ολόκληρο το κινούμενο σχέδιο, δηλαδή την παραγωγή (production).
- ✓ Ακολουθίες (sequences). Μια ακολουθία είναι συνήθως ένα σημαντικό επεισόδιο και μια παραγωγή αποτελείται συνήθως από μία έως δώδεκα ακολουθίες.
- ✓ Τα πλάνα. Κάθε πλάνο είναι μια συνεχής καταγραφή της κάμερας.
- ✓ Τα Καρέ. Ένα καρέ είναι μια απλή καταγεγραμμένη εικόνα.

Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα την ιεραρχία που φαίνεται στην Εικόνα 3.2:



Εικόνα 3.2 Παράδειγμα ιεραρχίας μιας απλής παραγωγής κινουμένων σχεδίων

3.1.3 Μετα-παραγωγή

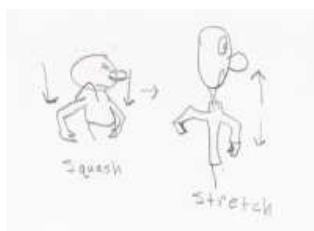
Οι διορθώσεις και τα ρετουσαρίσματα στις σκηνές και τα πλάνα γίνονται σε αυτό το βήμα. Το παραγόμενο έργο καταλήγει σε διαφορετικά μέσα, όπως είναι το φιλμ, η βιντεοταινία, το DVD, και το χαρτί.

3.2 Αρχές των κινουμένων σχεδίων υπολογιστών

Σύμφωνα με ένα άρθρο του Lasseter οι αρχές των κινουμένων σχεδίων υπολογιστών, όπως διατυπώθηκαν από κάποιους δημιουργούς κινουμένων

σχεδίων του Disney, σχετίζονται με τεχνικές που χρησιμοποιούνται για τη δημιουργία κινουμένων σχεδίων σε υπολογιστές και είναι οι εξής:

- Squash & Stretch (Συμπίεση και Επιμήκυνση) : Παραμορφώνει το σχήμα ενός αντικειμένου, κάνοντάς το μ' αυτόν τον τρόπο πιο ελαστικό και εκτός των άλλων του προσδίδει μια πιο καρτουνίστικη υφή και κίνηση.



- Anticipation (Προετοιμασία του κοινού) : Χρησιμοποιείται για να προετοιμάσει το κοινό για μία ενέργεια – κίνηση και για να παρουσιαστεί όσο πιο ρεαλιστικά γίνεται, λόγου χάρη, ένας ποδοσφαιριστής για να κλωτσήσει (λακτίσει) μια μπάλα θα πρέπει να λυγίσει πρώτα το πόδι του.
- Staging (Σκηνική παρουσίαση) : Η παρουσίαση μιας σκηνής έτσι ώστε να γίνει αντιληπτό στο θεατή αυτό που είναι το σημαντικό στη συγκεκριμένη σκηνή, όπως παραδείγματος χάρη μια αντίδραση ή ένας μορφασμός του χαρακτήρα.
- Straight ahead action and pose to pose : Είναι οι δύο αντίθετες μέθοδοι – προσεγγίσεις για τη διαδικασία της σχεδίασης. Η μέθοδος Straight ahead action είναι ουσιαστικά η σχεδίαση μιας σκηνής από την αρχή ως το τέλος, δημιουργώντας όλα τα καρέ, το ένα μετά το άλλο. Αντιθέτως, στη μέθοδο Pose to pose σχεδιάζονται ορισμένα καρέ (πλαίσια) κλειδιά και τα ενδιάμεσά τους σχεδιάζονται αργότερα. Συνήθως στα κινούμενα σχέδια χρησιμοποιείται ο συνδυασμός των δύο μεθόδων.
- Follow through and Overlapping Action : Είναι οι δύο τεχνικές που έχουν ως αποτέλεσμα μια πιο ρεαλιστική κίνηση και στο θεατή δίνεται η εντύπωση ότι η κίνησή τους ακολουθεί τους νόμους της φυσικής (βαρύτητα, αδράνεια). Η Follow through χρησιμοποιείται όταν ένας χαρακτήρας- αντικείμενο σταματά, για παράδειγμα όταν ένας ποδοσφαιριστής κλωτσήσει μια μπάλα, το πόδι εξακολουθεί να κινείται

μετά το λάκτισμα. Η Overlapping Action χρησιμοποιείται όταν θέλουμε να ξεκινήσουμε μια άλλη, δεύτερη, ενέργεια ενώ η πρώτη δεν έχει ολοκληρωθεί πλήρως.



Στην κίνηση του αλόγου της εικόνας, η ουρά και το κεφάλι του ακολουθούν την κίνηση του σώματός του.

- Slow in – slow out (Επιτάχυνση - Επιβράδυνση): Η αρχή αυτή μας επισημαίνει ουσιαστικά ότι ένα αντικείμενο (άνθρωπος, μπάλα) κατά την κίνησή του άλλοτε επιταχύνει και άλλοτε επιβραδύνει. Έτσι το κινούμενο σχέδιο γίνεται πιο ρεαλιστικό. Λόγου χάρη, όταν ο ποδοσφαιριστής κλωτσίσει τη μπάλα, αυτή θα έχει μεγαλύτερη ταχύτητα αμέσως μετά το λάκτισμα και καθώς θα πλησιάζει το έδαφος, θα επιβραδύνει συνεχώς.
- Arcs (Τόξα κίνησης) : Έχει εκτιμηθεί ότι η ανθρώπινη κίνηση γίνεται σε τόξα, καθώς έτσι επιτυγχάνεται πιο γρήγορη μετάβαση από μία θέση σε μία άλλη. Γι' αυτόν ακριβώς το λόγο, γίνεται προσπάθεια να εφαρμοστεί αυτού του είδους η κίνηση και στους χαρακτήρες – αντικείμενα ενός κινουμένου σχεδίου για μεγαλύτερο ρεαλισμό.
- Secondary Action (Δευτερεύουσα Δράση - Ενέργεια) : Είναι ακριβώς αυτό που εννοούν οι λέξεις: μία δράση, δηλαδή, η οποία είναι αποτέλεσμα μιας άλλης ενέργειας, όπως για παράδειγμα όταν ένας χαρακτήρας βάζει τα χέρια στις τσέπες του όταν κινείται (βλέπε Εικόνα όπου φαίνεται η αρχή της δευτερεύουσας κίνησης στο Luxo Jr. της Pixar).



Όταν η μικρή λάμπα κινείται, κινείται μαζί της και το καλώδιο που την τροφοδοτεί με ηλεκτρικό ρεύμα.

- Timing (Συγχρονισμός) : Είναι ουσιαστικά η ταχύτητα μιας ενέργειας και είναι ίσως η πιο σημαντική αρχή από όλες τις υπόλοιπες. Αυτό γιατί αν υπάρχει σωστός συγχρονισμός τα αντικείμενα φαίνεται ότι υπακούουν τους νόμους της φυσικής και επειδή μπορεί να υπονοηθεί από το θεατή η συναισθηματική κατάσταση ενός χαρακτήρα. Για παράδειγμα, αν ένας χαρακτήρας κλωτσίσει μια μπάλα του μπόουλινγκ, η μπάλα θα χρειαστεί περισσότερη δύναμη και η κίνησή της θα είναι πιο αργή από το να το κάνει με ένα μπαλόνι.
- Exaggeration (Υπερβολή) : Η υπερβολή είναι απαραίτητη καθώς δεν πρέπει να ξεχνάμε το γεγονός ότι έχουμε να κάνουμε με κινούμενα σχέδια και μια ολότελα ρεαλιστική κίνηση δεν είναι πάντα επιθυμητή από το σχεδιαστή. Για παράδειγμα, εάν θέλει να ο σχεδιαστής να τονίσει ότι ένας χαρακτήρας είναι νευριασμένος, μπορεί να τον κάνει να φαίνεται οργισμένος (βλέπε Εικόνα).

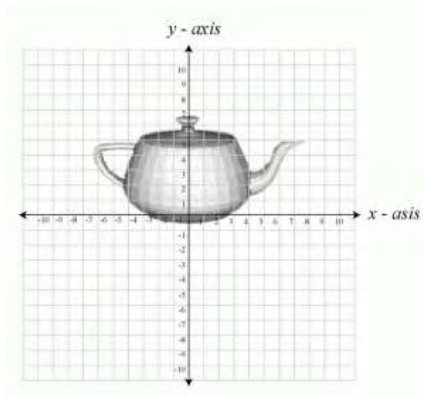


- Arreal (Ελκυστικότητα) : Η δημιουργία ενός κινουμένου σχεδίου ή ενός χαρακτήρα τον οποίο ο θεατής απολαμβάνει να βλέπει. Ένας χαρακτήρας δεν πρέπει ούτε να είναι πολύ απλά σχεδιασμένος, ούτε πολύ σύνθετα.

3.3 Διαδικασία απεικόνισης

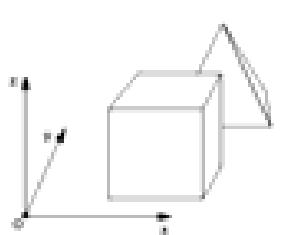
Ο όρος *διαδικασία απεικόνισης* (display pipeline) αναφέρεται στη μετατροπή μιας εικόνας τριών διαστάσεων σε μια εικόνα δύο διαστάσεων, η οποία εμφανίζεται τελικά στην οθόνη. Η μετατροπή αυτή γίνεται μέσω μιας ακολουθίας χώρων από τους οποίους «περνά» το αντικείμενο. Αρχικά κάνουμε μια ανασκόπηση αυτών των χώρων, των ιδιοτήτων τους και των μετασχηματισμών που απεικονίζουν τη μεταφορά των δεδομένων του αντικειμένου από τον ένα χώρο στον επόμενο.

- Αρχικά το αντικείμενο ορίζεται σε ένα σύστημα συντεταγμένων, που είναι γνωστός σαν *χώρος αντικειμένου* (object space). Συνήθως η αρχή του συστήματος συντεταγμένων είναι στο κέντρο του αντικειμένου, δηλαδή το σημείο γύρω από το οποίο κινείται ή περιστρέφεται το αντικείμενο, χωρίς να είναι απαραίτητα το γεωμετρικό κέντρο του. Ο χώρος αντικειμένου για ένα αντικείμενο είναι πολύ πιθανό να μην έχει καμία απολύτως σχέση με το χώρο αντικειμένου για ένα άλλο αντικείμενο (βλέπε Εικόνα 3.3).



Εικόνα 3.3 Οι συντεταγμένες του χώρου αντικειμένου

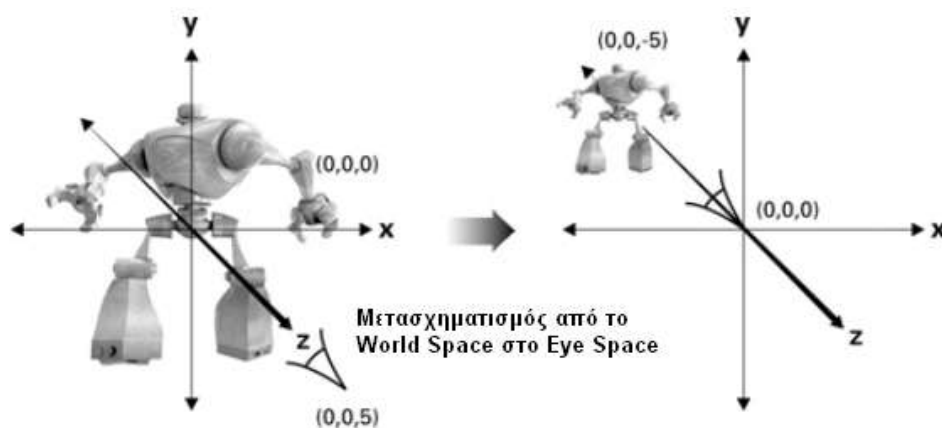
- Επειδή στο χώρο αντικειμένου το ένα αντικείμενο δεν αλληλεπιδρά με το άλλο (μιας και το καθένα έχει το δικό του χώρο αντικειμένου), ορίζεται το *World Space* (καθολικός χώρος) ή αλλιώς το τρισδιάστατο σύμπαν μας. Εκεί μεταφέρονται όλα τα αντικείμενα ώστε να υπάρχει μια απόλυτη αναφορά. Ο χώρος αυτός χρησιμοποιείται για να ορίσουμε τη θέση και τον προσανατολισμό του παρατηρητή, η οποία είναι στην αρχή των αξόνων του συστήματος συντεταγμένων του καθολικού χώρου κοιτάζοντας το θετικό μέρος του άξονα z (βλέπε Εικόνα 3.4) (για παράδειγμα θα μπορούσε να είναι το κέντρο του δωματίου μας). Το σημείο αυτό ονομάζεται *point of view* (POV).



Εικόνα 3.4 Το *World Space* και ο τρόπος με τον οποίο φαίνονται τα αντικείμενα σε έναν παρατηρητή

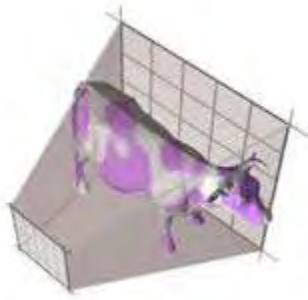
- Στη συνέχεια τα αντικείμενα που υπάρχουν στον καθολικό χώρο μετατρέπονται στο χώρο που «βλέπει» το μάτι, δηλαδή το *Eye Space*. Σε αυτόν το χώρο το μάτι είναι τοποθετημένο στην αρχή του συστήματος συντεταγμένων των τριών διαστάσεων. Ουσιαστικά, αυτό

που γίνεται είναι η τροποποίηση ώστε στην αρχή των αξόνων του καθολικού χώρου να βρίσκεται το μάτι. Αναφέρθηκε πιο πάνω ότι ο παρατηρητής κοιτάζει τον άξονα z του καθολικού χώρου ευρισκόμενος σε κάποια απόσταση από την αρχή των αξόνων. Έστω, λοιπόν, ότι βρίσκεται στο $(0, 0, 5)$. Αυτό που πρέπει να γίνει είναι να μετακινηθεί στην αρχή των αξόνων δηλαδή στο σημείο $(0, 0, 0)$. Η μετακίνηση αυτή θα έχει ως αποτέλεσμα και τη μετακίνηση των αντικειμένων στον άξονα z κατά 5 (βλέπε Εικόνα 3.5).



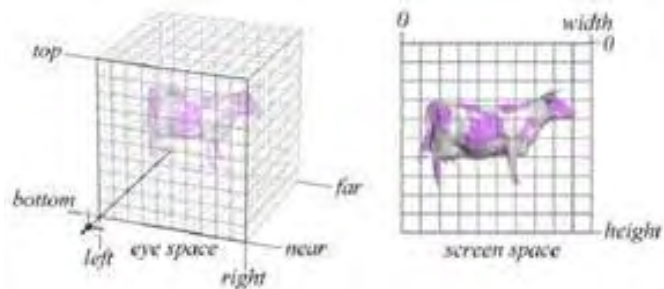
Εικόνα 3.5 Το μάτι τοποθετείται στην αρχή των αξόνων και τα αντικείμενα μετακινούνται

- Εφόσον το αντικείμενο βρεθεί στο Eye Space, το επόμενο βήμα είναι να καθοριστεί το ποια σημεία του αντικειμένου είναι ορατά και ονομάζεται Image Space. Αυτό γίνεται με κατάλληλο μετασχηματισμό τον οποίο δε θα αναλύσουμε περεταίρω (βλέπε Εικόνα 3.6).



Εικόνα 3.6 Όταν βρισκόμαστε στο Eye Space, ο σχεδιαστής καθορίζει το πολύγωνο που φαίνεται στην εικόνα (το φάσμα όρασης). Όποια κομμάτια βρίσκονται έξω από αυτό, δεν εμφανίζονται στην οθόνη.

- Τέλος, στο Image Space γίνεται κλιμάκωση (μεγέθυνση ή σμίκρυνση) έτσι ώστε τα αντικείμενα να προβληθούν στην οθόνη στις δύο διαστάσεις και ο χώρος αυτός ονομάζεται Screen Space (βλέπε Εικόνα 3.7).



Εικόνα 3.7 Από το Image Space στο Screen Space και ταυτόχρονα στις δύο διαστάσεις.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

4. Τεχνικές Απόδοσης Κίνησης

Στο κεφάλαιο αυτό, παρουσιάζονται οι μονάδες απόδοσης κίνησης, οι βασικές έννοιες της απόδοσης κίνησης σε χαρακτήρες ενός κινουμένου σχεδίου με γραφικά ηλεκτρονικών υπολογιστών, καθώς και ορισμένες τεχνικές και μεθοδολογίες για τον έλεγχο της κίνησης. Στόχος των μεθοδολογιών αυτών είναι να υποστηρίξουν και να απλοποιήσουν το έργο του σχεδιαστή, και να του επιτρέψουν να επικοινωνήσει πιο εύκολα με το μέσο στο οποίο παράγεται το τελικό έργο, δηλαδή τον υπολογιστή. Έτσι, ο σχεδιαστής θα μπορέσει να εστιάσει την προσοχή του στην απόδοση εκφραστικότητας και αληθοφάνειας στην κίνηση, ώστε να προσελκύσει το μελλοντικό θεατή.

4.1 Μονάδες απόδοσης κίνησης

Τα έργα πληροφορικής κινηματογραφίας αποτελούνται από χιλιάδες καρτέ, το οποίο **καρέ** (frame) είναι η μικρότερη μονάδα μέτρησης στην απόδοση κίνησης. Το κάθε καρέ αποτελείται από μία στατική εικόνα, και για το λόγο αυτό μερικές φορές ένα καρέ ονομάζεται στατικό καρέ (still frame), ή αλλιώς

στατική εικόνα (still image). Ο αριθμός των καρτέ που συνθέτουν ένα δευτερόλεπτο απόδοσης κίνησης διαφέρει ανάλογα με το μέσο στο οποίο προβάλλεται το έργο. Ένα δευτερόλεπτο απόδοσης κίνησης σε βίντεο κανονικής ταχύτητας ισούται με 25 (Ευρώπη) ή 30 (ΗΠΑ, Ιαπωνία) καρτέ, ενώ σε φιλμ με 24 καρτέ. Στον υπολογιστή ο αριθμός των καρτέ ανά δευτερόλεπτο διαφέρει ανάλογα με τις ικανότητες του υλικού του υπολογιστή (hardware), και κυμαίνεται από 8 έως 60 καρτέ. Ο αριθμός των καρτέ ανά δευτερόλεπτο ονομάζεται ρυθμός απεικόνισης ή ρυθμός προβολής, και συνήθως υποδηλώνεται με τα γράμματα fps (frames per second – καρτέ ανά δευτερόλεπτο).

Εάν σε κάθε καρτέ αντιστοιχεί ένα μοναδικό σκίτσο, τότε έχουμε κίνηση με τη βέλτιστη ποιότητα. Ένα σκίτσο ή εικόνα ανά καρτέ μεταφέρει τη μέγιστη πληροφορία στο ανθρώπινο γνωστικό σύστημα. Όταν ο προϋπολογισμός της παραγωγής ή ο χρόνος είναι περιορισμένα, τότε η απόδοση κίνησης γίνεται με αντιστοιχία ενός σχεδίου σε δύο συνεχόμενα καρτέ. Αυτή η πρακτική είναι γνωστή σαν **κινηματογράφιση σε δεύτερα** (shooting on twos), και το αποτέλεσμα μπορεί να ποικίλει από το να είναι αποδεκτό έως το να είναι τόσο καλό όσο όταν ένα καρτέ αντιστοιχεί σε μία εικόνα. Τα πιο πολλά έργα πληροφορικής κινηματογραφίας σήμερα κινηματογραφούνται σε δεύτερα.

Σε μία παραγωγή, το **πλάνο** είναι μία σειρά από καρτέ κινηματογραφημένα από μία κάμερα χωρίς καμία διακοπή. Ένα πλάνο μπορεί να αποτελείται από μερικά καρτέ έως μερικά δευτερόλεπτα ή ακόμη και λεπτά. Μία **σεκάνς** (ακολουθία – sequence) αποτελείται από διαδοχικά πλάνα που συνδέονται μεταξύ τους λόγω του ότι αναπτύσσουν την ίδια ιδέα ή στιγμή της δράσης. Πολλές σεκάνς από πλάνα συνθέτουν μια σκηνή. Η **σκηνή** μπορεί να περιγραφεί και σαν μια συνεχόμενη δράση σε μια συγκεκριμένη (ενιαία) τοποθεσία ή σαν μια μονάδα παραδοσιακής αφήγησης. Μία **πράξη** (act) σε ένα θεατρικό έργο αποτελείται από πολλές σκηνές. Σε μερικές παραγωγές απόδοσης κίνησης ένα πλάνο αναφέρεται και σαν σκηνή.

Η πλειονότητα των έργων πληροφορικής κινηματογραφίας σήμερα στηρίζεται στην παράθεση, ή **μοντάζ**, πολλών μικρών πλάνων παρά λίγων μεγάλων. Η σαφήνεια της οπτικής αφήγησης έχει να κάνει τόσο με τη σύνθεση κάθε πλάνου όσο και με το μοντάζ των πλάνων και των σεκάνς.

4.2 Βασικές Τεχνικές της απόδοσης κίνησης

Υπάρχουν τρεις βασικές μέθοδοι με τις οποίες αποδίδεται η κίνηση των χαρακτήρων και των αντικειμένων στα κινούμενα σχέδια. Αυτές είναι:

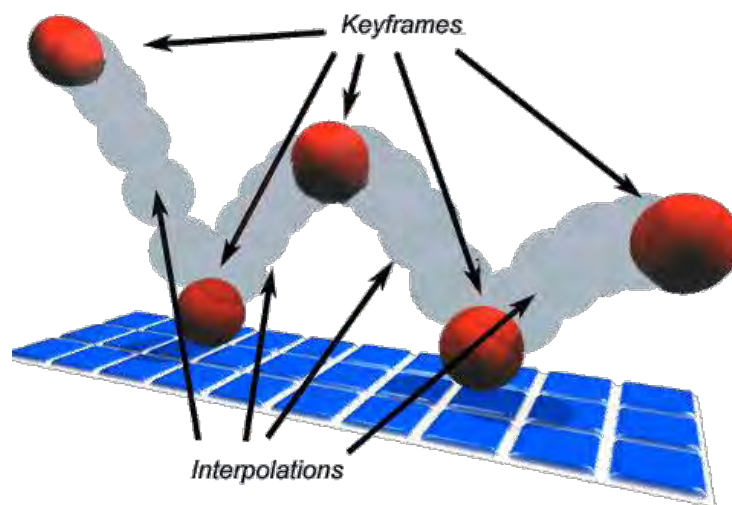
- ❖ To Keyframing
- ❖ To Motion Capture
- ❖ To Physical Simulation

Κάθε μια από αυτές τις μεθόδους έχει τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματά της και κάθε μια χρησιμοποιείται σε συγκεκριμένη περίπτωση.

4.2.1 Keyframing

Η τοποθέτηση καρτέ – κλειδιών ή **keyframing** είναι μία από τις βασικές τεχνικές που χρησιμοποιούνται στην απόδοση κίνησης. Η τεχνική αυτή χρησιμοποιείται για να οριστεί μία σεκάνς απόδοσης κίνησης βασισμένη στις πιο σημαντικές χρονικές στιγμές. Τα σκίτσα, ή καρτέ για τον υπολογιστή, που αντιστοιχούν στις στιγμές αυτές ονομάζονται **καρτέ - κλειδιά** (keyframes) ή μέγιστα (extremes). Μία άλλη τεχνική απόδοσης της κίνησης ονομάζεται δημιουργία ενδιάμεσων καρτέ (**in – betweening**), και χρησιμοποιείται όταν τα καρτέ-κλειδιά έχουν σχεδιαστεί ή καθοριστεί. Η διαδικασία της δημιουργίας των

ενδιάμεσων καρέ συνίσταται από τη δημιουργία όλων εκείνων των μεταβατικών ή ενδιάμεσων (in – between) καρέ που συμπληρώνουν τα κενά ανάμεσα στα καρέ-κλειδιά. Στην παραδοσιακή απόδοση κίνησης με το χέρι η διαδικασία αυτή εκτελείται σχεδιάζοντας όλα τα καρέ στο χέρι, ενώ στην περίπτωση της απόδοσης κίνησης με υπολογιστή, τα ενδιάμεσα καρέ δημιουργούνται αυτόματα με μια τεχνική που ονομάζεται **παρεμβολή** (interpolation) [βλέπε Εικόνα 4.1].



Εικόνα 4.1 Τα καρέ κλειδιά (με κόκκινο) και η ενδιάμεση κίνηση της μπάλας (γκρι) που δημιουργείται με παρεμβολή.

4.2.2 Motion Capture

Με την τεχνική αυτή δημιουργείται, όσο ποτέ άλλοτε, ρεαλιστική κίνηση των χαρακτήρων ενός κινουμένου σχεδίου. Ουσιαστικά, αυτό που γίνεται είναι η τοποθέτηση αισθητήρων σε διάφορα σημεία του σώματος ενός ηθοποιού, ο οποίος πραγματοποιεί την κίνηση που πρέπει (σύμφωνα με το σχεδιαστή και

το σκηνοθέτη) να έχει κάποιος χαρακτήρας του κινουμένου σχεδίου. Με τη βοήθεια των αισθητήρων, καταγράφεται η κίνηση που θα πραγματοποιήσει ο ηθοποιός και εφαρμόζεται στο χαρακτήρα του έργου. Η τεχνική αυτή συνήθως χρησιμοποιείται σε ανθρώπους ή ζώα, επειδή είναι η πιο πολύπλοκη κίνηση από όλες εξαιτίας των αρθρώσεων στο σώμα τους. Στο παρελθόν, ήταν τρομερά δύσκολη η απόκτηση τέτοιων κινητικών δεδομένων, καθώς η τεχνολογία των αισθητήρων βρισκόταν σε πρώιμο στάδιο και, ως αποτέλεσμα, ήταν πολύ δαπανηρή.

Υπάρχουν τέσσερις τρόποι - συστήματα συλλογής των κινητικών δεδομένων με την τεχνική του motion capture και είναι:

- Mechanical system. Ο ηθοποιός φορά το exoskeleton, το οποίο φέρει στις αρθρώσεις τους αισθητήρες για την καταγραφή της κίνησης.
- Optical system. Τοποθετούνται στο σώμα του ηθοποιού ανακλαστικοί δείκτες (retro-reflective markers) και υπάρχουν ειδικές κάμερες οι οποίες στέλνουν υπέρυθρες ακτίνες, οι οποίες με τη σειρά τους ανακλώνται από τους δείκτες. Μ' αυτόν τον τρόπο γίνεται η καταγραφή της κίνησης.
- Magnetic system. Δημιουργείται ένα μαγνητικό πεδίο και ο ηθοποιός έχει πάλι στο σώμα του αισθητήρες οι οποίοι ανιχνεύουν την κίνηση και την τοποθεσία του στο μαγνητικό πεδίο και συλλαμβάνουν την κίνηση.

Τα τελευταία χρόνια αναπτύσσεται ένα σύστημα συλλογής κινητικών δεδομένων, το **Contour**, το οποίο λειτουργεί παρόμοια με τα υπάρχοντα συστήματα συλλογής κινητικών δεδομένων, δηλαδή τοποθετείται ένα σύνολο από κάμερες γύρω από το αντικείμενο του οποίου τα κινητικά δεδομένα θα συλλεχθούν, και καταγράφονται εικόνες από διαφορετικές οπτικές γωνίες. Το Contour όμως, σε αντίθεση με τα υπόλοιπα συστήματα, δε χρησιμοποιεί σύνολο από σημεία που τοποθετούνται επάνω στον ηθοποιό, έτσι δεν υπάρχει η ανάγκη να φορούν οι ερμηνευτές ειδικά κοστούμια που περιορίζουν την κίνηση, αλλά ότι είναι κατάλληλο κάθε φορά για την ηθοποιία. Αυτό που απαιτείται είναι η τοποθέτηση μίας ειδικής φωσφορίζουσας σκόνης επάνω στα πρόσωπα και τα ρούχα των ηθοποιών, η οποία δεν είναι ορατή σε φυσιολογικές συνθήκες φωτισμού. Σε σκοτεινό δωμάτιο, και με φωσφορίζοντα

φώτα τα οποία αναβοσβήνουν γρήγορα, οι ηθοποιοί εκτελούν τις πράξεις κάθε σκηνής. Οι παραγόμενες εικόνες στέλνονται σε προγράμματα γραφικών όπως το Maya της Autodesk και το Face Robot της Softimage, όπου και μπορούν να επεξεργαστούν.

Το μεγάλο πλεονέκτημα του Contour, είναι ότι αντί να κάνει συλλογή διάσπαρτων κουκκίδων, συλλέγει ολόκληρες τρισδιάστατες επιφάνειες. Επίσης, μπορεί να συλλέξει λεπτομέρειες του προσώπου όπως ρυτίδες, την απογοήτευση, διάφορες προεξοχές, και τις καμπύλες του. Έτσι, όπως σήμερα οι ηθοποιοί δανείζονται τις φωνές τους σε τρισδιάστατους κινούμενους χαρακτήρες, έτσι με το Contour, οι ηθοποιοί θα μπορούν να δανείσουν το σώμα τους για να δώσουν ζωή σε ψηφιακούς χαρακτήρες ενώ θα διατηρούνται οι λεπτομέρειες της ερμηνείας των ηθοποιών.

Μία άλλη τεχνολογία, το **Endorphin**, εγκαινιάζει μια νέα εποχή στην ψηφιακή απόδοση κίνησης. Η συγκεκριμένη τεχνολογία χρησιμοποιήθηκε για πρώτη φορά στο έργο *The Lord of the Rings: The Return of the King* (Jackson, 2003) για να δώσει κίνηση σε μια δύσκολη σκηνή. Την επόμενη χρονιά, οι κασκαντέρ ρομπότ αυτού του συστήματος αντικατέστησαν τον Brad Pitt σε κάποια δύσκολα ακροβατικά στο έργο *Troy* (Petersen, 2004).

Οι εικονικοί χαρακτήρες του συστήματος Endorphin αντιδρούν σαν αληθινοί άνθρωποι σε οποιαδήποτε πίεση ασκείται σε αυτούς, δίνοντας την επιλογή πληθώρας αληθοφανών κινήσεων που μπορούν να δημιουργηθούν σε έναν υπολογιστή.

Ο δημιουργός αυτού του συστήματος θέλησε να παράγει χαρακτήρες με αληθοφανή ανθρώπινη κίνηση, χωρίς τη χρήση της χρονοβόρας απόδοσης κίνησης στον υπολογιστή ή της δυσκίνητης διαδικασίας της συλλογής κινητικών δεδομένων. Δημιούργησε μια μηχανή η οποία υπακούει σε κανόνες της φυσικής, όπως η βαρύτητα και οι νόμοι της κίνησης του Νεύτωνα.

Μία ακόμη τεχνολογία είναι το **Machinima**, το οποίο ίσως αποτελέσει το βασικό μέσο δημιουργίας ταινιών στο μέλλον. Η λέξη machinima προέρχεται από τρεις λέξεις, τη μηχανή (machine), το animation και το cinema. Είναι ο συνδυασμός της δημιουργίας ταινιών, απόδοσης κίνησης και παιχνιδιών, και από την αρχή της δημιουργίας του, δηλαδή την τελευταία δεκαετία, έχει κάνει

αισθητή την παρουσία του στο χώρο των κινούμενων χαρακτήρων, των μουσικών βίντεο, της τηλεόρασης καθώς και έχει εισχωρήσει στο Χόλυγουντ.

Στην Εικόνα 4.2 φαίνεται χαρακτηριστικά η τεχνική του motion capture:



Εικόνα 4.2 Οι αισθητήρες στο πρόσωπο ενός ηθοποιού για την ταινία Πειρατές της Καραϊβικής και στο σώμα του Tom Hanks για τις ανάγκες της ταινίας κινουμένων σχεδίων με γραφικά υπολογιστών, Polar Express.

4.2.3 Physical Simulation

Η μέθοδος αυτή προσπαθεί να κάνει τη δουλειά του σχεδιαστή ακόμα πιο εύκολη και γρήγορη, χρησιμοποιώντας τη φυσική για να καθορίσει την κίνηση σε μερικές περιπτώσεις όπου αυτή μπορεί να προσδιοριστεί. Physical simulation σημαίνει φυσική προσομοίωση, δηλαδή η τεχνική προσπαθεί να

αναπαραστήσει την κίνηση και τη συμπεριφορά ενός αντικειμένου με τη βοήθεια ενός άλλου συστήματος. Ο ηθοποιός για παράδειγμα αντικαθίσταται από ένα φυσικό αντικείμενο, το οποίο είναι μικρότερο και όχι τόσο δαπανηρό. Η μέθοδος του *physical simulation* δεν είναι πρακτική, τουλάχιστον όχι ακόμη, για το σχεδιασμό γραφικών σε κινούμενα σχέδια και μέχρι στιγμής εφαρμόζεται πειραματικά μόνο σε ορισμένες σκηνές βιντεοπαιχνιδιών, όπου η κίνηση των χαρακτήρων υπακούει καθαρά τους νόμους της φυσικής (βλέπε Εικόνα 4.3).



Εικόνα 4.3 Εφαρμογή της μεθόδου *physical simulation* σε βιντεοπαιχνίδια

4.3 Έλεγχος της κίνησης

Υπάρχουν πολλές τεχνικές για έλεγχο της κίνησης τρισδιάστατων χαρακτήρων, μερικές από τις οποίες λειτουργούν καλά στο πλαίσιο της απόδοσης κίνησης με την τοποθέτηση καρέ-κλειδιών. Κάποιες άλλες

δανείζονται μεθοδολογίες από την επιστημονική προσομοίωση. Οι πιο διαδεδομένες τεχνικές για έλεγχο της κίνησης είναι:

- Forward kinematics (Ευθεία κινηματική)
- Inverse kinematics (Αντίστροφη κινηματική)
- Motion dynamics (Δυναμική κίνησης)
- Procedural motion (Αλγοριθμική κίνηση)
- Υβριδικές τεχνικές και συνδυασμός τεχνικών

Η πιο απλή, αλλά ταυτόχρονα και πιο χρονοβόρα τεχνική είναι η **χειροκίνητη τοποθέτηση** των αντικειμένων μέσα σε μια σκηνή. Η τεχνική αυτή έχει τις ρίζες της στην παραδοσιακή απόδοση κίνησης με το χέρι, όπου όλη η πληροφορία για ένα καρέ-κλειδί σχεδιάζεται στο χέρι, και βασίζεται στην ιδέα του προσδιορισμού των καρέ-κλειδιών, της επιτάχυνσης ή επιβράδυνσης (ease function), και αφήνοντας το πρόγραμμα να κάνει παρεμβολή των ενδιάμεσων καρέ.

Οι τεχνικές κινηματικής βασίζονται στην αλλαγή της θέσης και του προσανατολισμού του μοντέλου στον τρισδιάστατο χώρο. Στο forward kinematics (ευθεία κινηματική), ο σχεδιαστής μεταβάλλει τις γωνίες των αρθρώσεων ώστε να πετύχει την επιθυμητή κίνηση. Αυτό γίνεται επειδή η γενική ιδέα του forward kinematics αναφέρει ότι οι θέσεις των σημείων ενός αντικειμένου – χαρακτήρα σε κάποια χρονική στιγμή υπολογίζονται με τη βοήθεια των αρθρώσεων του. Για παράδειγμα, αν θέλουμε να σχεδιάσουμε ένα χέρι, η θέση του δακτύλου υπολογίζεται με τη βοήθεια των αρθρώσεων του ώμου, του αγκώνα, της παλάμης, κλπ. (βλέπε Εικόνα 4.4).



Εικόνα 4.4 Για να υπολογιστεί η θέση της άκρης του χεριού του ρομπότ θα χρησιμοποιηθεί forward kinematics

Στο inverse kinematics (αντίστροφη κινηματική), ο σχεδιαστής τοποθετεί τα άκρα στην επιθυμητή θέση και το πρόγραμμα υπολογίζει τις γωνίες των ενδιάμεσων αρθρώσεων. Στην αντίστροφη κινηματική υπολογίζεται η κίνηση ολόκληρου του σκελετού προσδιορίζοντας τις τελικές γωνίες των πιο σημαντικών αρθρώσεων που καθορίζουν την κίνηση.

Οι τεχνικές που βασίζονται στους νόμους της φυσικής, οι οποίοι καλούνται δυναμική, βοηθούν στην παραγωγή ρεαλιστικής κίνησης με την προσομοίωση των φυσικών ιδιοτήτων των αντικειμένων και των νόμων της φύσης. Στη δυναμική κίνησης, γίνεται έλεγχος της κίνησης με την απόδοση δυνάμεων στις αρθρώσεις και με την προσομοίωση της κίνησης που θα προέκυπτε στον φυσικό κόσμο εάν τέτοιες δυνάμεις εφαρμόζονταν σε ένα πραγματικό αντικείμενο. Σε αυτές τις τεχνικές λαμβάνονται υπόψη μεταβλητές όπως το βάρος, η μάζα, η αδράνεια, η ελαστικότητα, και η πρόσκρουση με άλλα αντικείμενα, καθώς και η τριβή, η βαρύτητα, και άλλες δυνάμεις του περιβάλλοντος.

Οι τεχνικές αλγοριθμικής κίνησης αποδίδουν κίνηση σε αντικείμενα στη σκηνή βασισμένες σε σύνολο από διαδικασίες και κανόνες για τον έλεγχο της κίνησης. Ένα παράδειγμα αλγοριθμικής κίνησης είναι ένα κοπάδι ζώων που τρέχει.

Συμπεράσματα

Τα κινούμενα σχέδια, μετά από την κρίση που υπέστησαν ως βιομηχανία στα μέσα της δεκαετίας του 1920, σίγουρα θα απασχολούν το κινηματογραφικό κοινό για πολλές δεκαετίες ακόμα. Με την ανάπτυξη της τεχνολογίας των ηλεκτρονικών υπολογιστών και με την έξαρση των ειδικών εφέ και των γραφικών είναι βέβαιο πως κάποια στιγμή στο μέλλον τα γραφικά δε θα μπορούμε να τα διαφοροποιήσουμε από τον πραγματικό κόσμο που βλέπει το μάτι μας. Επίσης, οι λεπτομέρειες της ανθρώπινης κίνησης θα είναι φτιαγμένες στην εντέλεια και ο κινηματογράφος θα περάσει σε μια άλλη εποχή, όπου οι ηθοποιοί θα παραγκωνιστούν και τη θέση τους θα πάρουν χαρακτήρες που θα έχουν δημιουργηθεί μέσω του ηλεκτρονικού υπολογιστή. Το μοναδικό πεδίο όπου θα επικεντρωθεί ο στόχος των μελλοντικών σχεδιαστών, είναι το πεδίο της ανθρώπινης ψυχολογίας και του εσωτερικού κόσμου των ανθρώπων με αποτέλεσμα τη δημιουργία υπερσύγχρονων προγραμμάτων και τεχνικών που θα καταγράφουν την ψυχολογική κατάσταση του ανθρώπου με σκοπό αυτή να αποτυπωθεί στο κινούμενο σχέδιο.

Βιβλιογραφία

- [1] National Chiao Tung University: *History and principles of animation.pdf*
- [2] Torsten Möller, Simon Fraser University: *Principles of Animation/Production Pipeline*.
- [3] Institute of Computer Graphics and Algorithms, Vienna University of Technology: *The viewing pipeline.ppt*
- [4] <http://www.digitalmediafx.com/Features/animationhistory.html>, Digital Media FX homepage
- [5] Elissa Anne Cline, *History of Animation.pdf*
- [6] <http://joshuamosley.com/UPenn/courses/Ani/AnimationHistory.html>, University of Pennsylvania, animation timeline page
- [7] <http://design.osu.edu/carlson/history/timeline.html>, Ohio State University, CGI historical timeline page
- [8] <http://www.your3dsource.com/the-history-of-3d.html>, Your 3D source homepage
- [9] <http://www.your3dsource.com/earliest-computer-animation.html>, Your 3D source homepage
- [10] <http://www.viz.tamu.edu/courses/viza615/97spring/history.html>, Texas A&M University, animation history page
- [11] Judson Rosebush: A Chronology Of Animation History - Computer Animation Technology (1989-1990)
- [12] <http://www.timetoast.com/timelines/1885>, Timetoast homepage, computer animation timeline
- [13] <http://www.physicsarchives.com/index.php/courses/335>, Physics archives homepage
- [14] <http://www.evl.uic.edu/ralph/508S99/contents.html>, University of Illinois at Chicago: The principles of animation
- [15] http://www.siggraph.org/education/materials/HyperGraph/animation/character_animation/principles/prin_trad_anim.htm, SIGGRAPH homepage: The principles of animation
- [16] <http://2011spring.blog.ntu.edu.tw/2011/05/17/how-to-make-an-animation/>, Nanyang Technological University: how to make an animation

- [17] <http://groups.csail.mit.edu/graphics/classes/6.837/F03/lectures/15%20Raster.pdf>, MIT: *rasterization.pdf*
- [18] <http://www.cinemablend.com/games/Endorphin-s-Natural-Motion-For-Next-Gen-Games-2875.html>, Cinema Blend homepage: about Endorphin
- [19] http://www.gamasutra.com/php-bin/news_index.php?story=10278, Gama Sutra homepage: about Contour
- [20] <http://www.mova.com/pdf/Contour-Press-Release-FINAL-060731-1.pdf>, Mova homepage: Contour press release
- [21] <http://www.awn.com/news/anime/mova-contour-moves-motion-capture-reality-capture>, Animation World Network: about Contour
- [22] http://en.wikipedia.org/wiki/History_of_animation, Wikipedia: history of animation page
- [23] <http://en.wikipedia.org/wiki/Disney>, Wikipedia: Walt Disney page
- [24] <http://en.wikipedia.org/wiki/Pixar>, Wikipedia: Pixar page
- [25] http://en.wikipedia.org/wiki/12_basic_principles_of_animation, Wikipedia: principles of animation page
- [26] Edilson de Aguiar: Character Animation from a Motion Capture Database (2003) Master Thesis, University of Saarbrücken