



# НОВ БЪЛГАРСКИ УНИВЕРСИТЕТ

Департамент „Кино, реклама и шоубизнес“

Петко Цветозаров Якимов

F 57380

## ДИГИТАЛНАТА СЦЕНОГРАФИЯ И ПЕРСОНАЖ В КИНОТО

### АВТОРЕФЕРАТ

на дисертационен труд за присъждане на образователната и научна степен

„доктор“ по научната специалност

„Кинознание, киноизкуство и телевизия“

**Научен ръководител:**

**Доц. Станко Войков**

**София, 2016**

# 1 ОБЩА ХАРАКТЕРИСТИКА НА ДИСЕРТАЦИОННИЯ ТРУД

## 1.1. Тема, цели и задачи на настоящото изследване

Информационното пространство, отдавна е наситено с публикации и изследвания, засягащи проблемите на един или друг софтуерен продукт в сферата на компютърната графика. Възниква нуждата от изследване на функционалността и взаимоотношението между отделните софтуери като инструменти, участващи в изграждането на дигиталната сценография и персонаж в киното. Разглеждането на целия процес и извеждането на планова работна структура, разделена на етапи и фази, трябва да бъде съобразена със спецификата на приложния софтуер. Това би допринесло за формирането на професионален поглед и организация в пред-подготвителния период.

Познаването на принципите на работа и изискванията на компютърната графика, е необходимо условие за обективен поглед, върху възможностите на CGI, като метод и средство за реализация на решения и възможности, алтернативни на конвенционалните решения и ограниченията на натурата. Основна задача на настоящето изследване е да се проследи детайлно структурата на работния процес, и представяне на алтернативни решения, свързани с реализацията на филмови сцени. Целта е максимално доближаване до реалните ситуации и проблеми, възникващи по време на работния процес. Част от задачата е разглеждането на различни методи за 3D сканиране и моделиране, а също и методи за сваляне на поведение от жив актьор/motion capture/. Често в практиката не е възможно с един софтуер да се покрият нуждите на целия производствен процес. Под производствен процес се има в предвид не само етапите на 3D технологията: моделиране, текстуриране, анимация, рендеринг, но и постпродукцията, ротоскопинга, tracking, character compositing, fluid dynamics , който като функции и инструменти имат своето присъствие в базовите възможности на тримерните софтуери, но в качеството си на отделни тясно специализирани софтуери, са развити много по-успешно.

Създаването на универсален софтуер, обслужващ всички технически етапи, се оказва непостижима задача пред разработчиците. Опитът показва, че не е практично събирането на всички инструменти в един продукт. Ето защо се налага комбинирането на няколко софтуера при реализацията на дадена дигитална сцена. Овладяването на необходимия софтуер в сферата на CGI не е лесна задача, но все пак ние като творци често попадаме в ситуация, при която се налага да използваме различни по функция софтуери или техники. Много често те са създадени за напълно различни цели и области от киното. Този

Пред нас остават две възможности- да се развиваме като тесни специалисти в рамките на конкретен софтуер и направление, или да развием набор от познания обхващащи целия производствен процес в CGI, до колкото това е възможно. Аз мисля, че нуждата налага съществуването и на двете форми, а и практиката го доказва. Изследователското и експерименталното начало винаги е съществувало паралелно с поточната линия. То е двигателят на нови идеи и методи. Неговото позициониране е в екстремната територия на риска, но това е пътя за всяко едно откритие.

Предизвикателство пред развитието на CGI, е възможността да бъдат комбинирани технологии от различни сфери. Има редица примери за заемки на методи и иновации от области като: медицината,

геодезията, електрониката, роботиката, изкуственият интелект и военните технологии. Вероятно и за в бъдеще интересът към хибридните технологии не само ще се запази, но и ще се разшири.

Конвейерния принцип на работа се е доказал през годините в различни области. За да функционира и бъде максимално ефективен обаче, той се нуждае от прецизно планиране и управление на задачите. Контрола върху разпределението и планирането, като част от работната структура, предполага наличието на ръководни кадри, с широки професионални познания. Настоящото изследване е в полза и на двете групи-тесните специалисти и ръководните кадри. От разглеждането на вариантите и методите на работа, през етапите: моделиране, картографиране, създаване на материали, осветление и рендериране, през създаването на костна структура като елемент на инверсната кинематика, до различните технологични решения за сваляне на поведение и прехвърлянето му от жив актьор върху 3D модел, посредством системи за „motion capture“.

В изследването ще се разгледат водещите технологии и техните „нискобюджетни“ алтернативни методи, в опит за търсене на компромис поради липсата на средства в малките продукции. Ще направим сравнителен анализ на похватите и възможностите, които предлагат технологиите в полза на едно или друго решение с цел, постигане на бърз резултат при наложени кратки срокове. Често в практиката се налага, да избираме между два или повече похвата при разрешаването на един проблем. Не винаги се оказва правилен, онзи който изглежда най-бърз, тъй като на следващ етап в процеса на работа може да възникнат технологични ограничения - „подводни камъни“, които биха ни забавили и дори принудили да се върнем стъпки назад в проекта.

Познаването на целия процес на работа в CGI, би спомогнало за формирането на професионален подход, още от самото начало, при проектирането и планирането на задачите. Така ще бъдат избегнати сериозни грешки, струващи много пари и време.

## **Първа Глава. ИСТОРИЯ И РАЗВИТИЕ НА ТРИИЗМЕРНИТЕ И ДВУИЗМЕРНИ КОМПЮТЪРНИ ТЕХНОЛОГИИ В ИГРАЛНОТО КИНО**

### **1.1 От специалните ефекти / SFX/ до /CGI/технологиите**

В тази глава се разглежда развитието на технологиите в областта на визуалните ефекти в киното.

Още в първите стъпки на киното, творците прилагат всички познати сценични методи и технологии на театъра и фотографията, но въвеждат и нови. Когато през 1856 г. Оскар Режландер (Oskar Rejlander) създава първата в света трик фотография, чрез комбиниране на 30 негатива в едно изображение, той полага основата на бъдещите визуални ефекти в киното известни като трикови снимки. Първият филмов специален ефект се приписва на Алфред Кларк, използвайки ефекта „стоп кадър“ при снимането на сцената с обезглавяването на шотландската кралица Мери през 1895 г. Кларк първо снима актьора в ролята на кралицата преди главата да бъде отсечена, до момента в който палачът поставя брадвата над главата. В следващия момент камерата е спряна и актьорът бива заменен на мястото му с манекен, облечен с дрехите на кралица, на когото ще бъде отсечена главата, след рестартирането на снимките.

Пионер в използването на трикове и техники е Жорж Мелиес - „Пътешествие до луната“ 1902г.

Оформят се две направления или полета за развитие на визуалните технологии:

- При сценографията и костюма - със средствата на бутафорията и аниматрониката, макета, mate painting .
- При кинолентата- в лабораторни условия като: подвижни маски и дорисуване върху заснетия материал, би-пак копиране, промяна на цветове и цветни сепарации, избелване, соларизация и други.
- С камерата- (стоп кадъра, комбинираните снимки, многокамерното заснемане, оптични ефекти, и др.

Когато в естествения декор има нужда от изменения за да удовлетвори изискванията на сценария, се използват методи за надстройкаване или прикриване или дорисуване. Строят се дори кораби, елементи от градове и укрепления, а по някога и огромни декори в реален мащаб. Стремещът за постигане на по-голяма убедителност и реалистичност във визуалния образ води до увеличаване на производствените разходи при продукциите. Филмовите бюджети нарастват и за производството на един филм участват голяма група от изпълнителски екипи организирани в ателиета и структура.<sup>1</sup>

Началото е поставено във филмовото ателие на братята Мелиез, където са изпробвани изразните средства и трикове на илюзионизма и психологическото им въздействие чрез екрана върху публиката. Следващата стъпка е скока в мащаба чрез исторически възстановки и въздействието на огромната масовка. Виждаме го в суперпродукцията „Нетърпимост“ 1916 на Дейвид Грифит, където чрез изграждането грандиозните архитектурни сцени от древния Вавилон се търси онументално въздействие. Контраста между големия мащаб на масовката и средата в противовес на отделния човешки пресонаж, с цел за да се усилва ефекта на вътрешния конфликт. Следват нови търсения и изследвания , чрез използване на изразните средства на абстрактната композиция и знака. Изграждането на визуалния образ се обогатява провокиран от едно ново сюжетно развитие, чрез навлизане в футуристичния сюрреалистичен свят , пример за това е „Метрополис“ на Фриц Ланг 1925г. Изкуството на специалните ефекти, чисто художествено намира своето място сред изразните средства на киното, обогатявайки неговия стил и език. През времето на оптичните ефекти с помощта на многократното експониране известни като комбинирани снимки -като задна/рир/ и предна/фронт/ прожекция, маскирането с маски и контра маски в триковите снимки, играта с мащабите при комбинираните снимки, когато се заснема едновременно макет с натура като фоново изображение, киното извървява пътя до суперпродукциите. Създаването на мащабни продукции има своето ограничение, възможно е само за няколко големи студия, разполагащи с голям финансов ресурс и база. Но като че ли възможностите на технологиите при декоростроенето се изчерпват или ограничават до навлизането на нови материали и технически иновации.

Все още остават области на риск и сложност като пиротехническите ефекти, масовите сцени и опасните каскади които нямат своята алтернатива. Нови открития в една друга област дават тласък на

---

<sup>1</sup> *Ascher, Steven. Pincus, Edward. The Filmmaker's Handbook: A Comprehensive Guide for the Digital Age, -2013 Edition*  
*Rabinger, Michael. Hurbis-Cherrier., Mick, Directing: Film Techniques & Aesthetics, Fifth Edition, 2013*

технологии които ще донесат пробив в развитието на специалните ефекти. Идва времето на компютърните технологии, които ще заменят оптичните и механични техники и ефекти. Годината 1950 се възприема за рождената година на компютърната графика.

## **1.2 История на компютърно генерираните образи CGI (computer generated imagery).**

Развитието на компютърната графика е тясно свързана с развитието на компютърните технологии. Всеки технологичен скок в развитието на компютрите е предпоставка за скок в CGI. През 1981 г. Съливан Часен / Sylvan Chasen/ от Lockheed, документира и характеризира развитието на графичните дисциплини по начин подобен на човешкото съществуване.<sup>2</sup>

Той определя периодизацията, започваща първоначално от периода на „раждането“ или на зародиша 1950-1963 г. През „детството“, когато започват да се използват механични аналогови компютри за създаване на анимация. Това е времето от 1964 до 1970 г. „Юношеството“ от 1970 г. до 1981 г. и зрелостта след 1981 година.<sup>3</sup>

Навлизайки отначало твърде символично в киноиндустрията, днес CGI представляват мощен инструмент в ръцете на режисьора. Силата на CGI се състои в това, че осигурява възможност да създадем всичко което можем да си представим. Същинския скок в CGI технологиите правят графичните работни станции на Silicon Graphics, Inc-SGI, когато преминават на MIPS процесорите през 1985г. -R2000, R3000. Те ползват IRIX , операционна система версия на UNIX System V. Това е началото на RISC/ *с ограничен брой стандартизирани логически инструкции*/. Идва RISC ерата в микропроцесорната архитектура.

Интересно е как се развиват софтуерните технологии. Например създаденият през 1963г. интерактивен софтуерен пакет от Иван Съдърланд е считан за пионер и родоначалник на CAD/CAM системите. Едвин Катмул /Edvin Catmul/ и Алви Смит/Alvy Smith/ изобретяват алфа канала. Осемдесетте години са период на бурно развитие за много софтуерни компании, работещи в областта на CGI технологиите. През 1984 г. Бил Ковач, Марк Силвестър и Лари Барелс, основават в Санта Барбара, Калифорния, компанията- Wawefront, с цел да произвеждат компютърна графика за телевизионни реклами и игрални филми. Друга фирма с ключово значение в областта на CGI е Alias, основана през 1983 г. със седалище в Торонто, Онтарио, Канада от Стивън Бингам, Найджъл Макграт, Сюзън Маккена и Дейвид Спрингър/David Springer/. Тяхната цел е да създадат софтуерен пакет за производство на реалистична 3D анимация за нуждата на рекламата и киноиндустрията. Първият им продукт Alias /1, е демонстриран на SIGGRAPH '85 в Сан Франциско /Годишна конференция по компютърна графика, създадена през 1974г./ в. Същата година те подписват сделка с GM за разработване на система с включени NURBS/нееднакво рационална основа сплайн/ технологии съвместими с техните CAD системи за автомобилно проектиране. През същата година Alias отправят предложение към Silicon Graphics, за използване на техния хардуер за графичен и промишлен дизайн -CAD/CAM проектиране.

---

<sup>2</sup> Sutherland, Ivan. Oral history interview with Ivan Sutherland, Създадена 2014, прегледана на 23.08, 2015, <http://conservancy.umn.edu/handle/11299//107642>

<sup>3</sup> Chasen, S. Dow, J., Публикувана Април 1983, Guide for the Evaluation and Implementation of Cad-Cam Systems 2nd Edition, ISBN-13: 978-0938800019 ISBN-10: 0938800019

През 1988г. на пазара излиза Alias 2, негов приемник е - Studio Tools, ориентиран към промишления дизайн, а през 1990г., те извеждат на пазара софтуера от трето поколение –PowerAnimator, за нуждите на киноиндустрията. Неговото приложение започва със създаването на робота убиец от хром- противника на Арнолд Шварцнегер , в / Терминатор 2/-1991г .и завършва с Епизод 1-„Невидима заплаха“ част от сагата Междузвездни воители -1999г., когато е заменен от неговия наследник 3D пакета от следващо поколение- Maya 1.0, пуснат на пазара през 1998г..<sup>4</sup> Разработката на новия софтуер започва през 1993 г., и когато през 1995г. Alias се сливат с Wavefront чрез покупката му от Silicon Graphics, този продукт се развива с приоритетно значение.

Softimage 3D е създаден през 1988 г от Softimage creative Environment, основана през 1986 г от Националния филмов съвет на Канада в лицето на Даниел Ланглоа, режисьор който е искал да създаде анимационни филми, но е бил недоволен от съществуващата технология. Той е имал визия повлияна до голяма степен от тенденциите в индустрията и необходимостта да се създаде организирана работна среда, удобна за художниците. Концепцията: художник/технология, оказва фундаментална промяна в индустрията за създаване на специални ефекти и цифрови художници.

Самата Autodesk, е основана през 1982 г. от Джон Уокър и Дан Дрейк, с цел - разработка на проектантски 3D софтуер за PC. През същата година е пусната първата версия на AutoCAD, с която фирмата постига своята популярност. В началото на 1988г. групата Yost (на името на нейния основател - Гари Йост) започва разработването на 3D Studio за DOS. Главен разработчик е Том Хъдсън. След версия – 4, тя е пренаписана за Windows NT. През 1996 г. на продуктът е дадено новото име - 3D Studio MAX, от KINETIX , мултимедийното подразделение на Autodesk, към което е присъединена групата.

През 1999 г на SIGGRAPH е представен от Pixologic нов авангарден софтуер за 3D скулптиране, текстуриране и дигитална живопис – Zbrush. В програмата е възплътена идеята за скулптурното интерактивно моделиране и веднага с появата си става любим инструмент на дигиталните художници.

Pixar, който е ключов разработчик на Renderman, оказва силно влияние върху развитието на CGI технологиите. Първоначално Renderman е написан за собствените нужди на студиото, но в последствие е пуснат за продажба на свободния пазар и така става стандарт в 3D рендерирането. Със своя REYES алгоритъм(scanline), рендер машината постига невероятни резултати, по отношение на детайла и прецизността при работа с геометрични променливи и скорост. Основното предимство на този метод е, че се извършва сортиране на вертикалите(върхове) по нормали(лица), чрез на сканиране в равнина, а това позволява намаляване броя сравнения между едрите (ръбовете).

Постпродукционните технологии са неразделна част от сферата на визуалните ефекти. Тяхното паралелно развитие спрямо 3D софтуера, преминава през няколко етапа и се характеризира с известен брой процеси. Началото е поставено с аналоговите компютърни системи, които в последствие са заменени напълно от цифровите в началото на 80-те години на миналия век. Характерно за аналоговите

---

<sup>4</sup> Alias About As, Alias Systems Corp.,Създаден 2000-2004 , Прочетен 02.02.2013  
<http://web.archive.org/web/20040622205615/http://www.aliaswavefront.com/eng/about/history/index.shtml>

компютърни системи е „Online“ редактирането, процес извършващ се в реално време, посредством хардуерни филтри и видео синтезатори.

Прилагането на ефекти става като се свързва с кабел съответното устройство, генериращо ефекта към компютъра. **Фиг.16** Постигнатият ефект може да бъде 2D или 3D, като постигнатият резултат се записва или заснема чрез камера от CRT-монитор, с цел прехвърляне на по-голям формат. За маскиране или вкарване на обекти се използват черно-бели шаблони (снимки или рисунки), които се вкарват в системата чрез сканиране.

Основен метод, който се използва във визуализациите е принципът на хармонографа и напомня на трансформирани се изображения постигнати със спирограф в чрез наслагане в определена периодичност. Поради което е известна като алгоритмична анимация. Пионер в развитието на аналоговите технологии и прилагането и, се смята Джон Уитни, който създава огромен брой произведения и експерименти, включително в комбинация или под влияние на музика.

През 1958 г. съвместно с графичния дизайнер Саул Бас създава заглавието за Vertigo (Световъртеж) на Хичкок. Следващите му експерименти, представени като „Каталог“ през 1961 г., ще послужат за отправна точка на много бъдещи софтуерни ефекти. Технологията достига своя връх чрез SCANIMATE (аналогов компютърен видео синтезатор).

Тя е разработвана и развивана от края на 1960 до 1980г. Системата позволява създаването на много слоеве, изрязване по цвят, огъване, деформации, 3D и 2D трансформации, цветови корекции ефекти и изменения. Технологията намира своето основно приложение в телевизията и рекламата, но с успех се използва и от кино индустрията. Дигиталните технологии напълно изместват аналоговите, но някои принципите на работа и похвати остават дори в софтуерната организация на интерфейса, посредством нишкова система. Тази система, известна още като канална или възли, е приложена като метод на работа в Digital Fusion, Shake, Nuke и шейдърните редактори на Maya, Softimage XSI, Renderman и други.

Наследниците на аналоговите технологии, променят напълно VFX, посредством цифровия композитинг. Цели стаи, препълнени с устройства са заменени от едно софтуерно приложение с огромни възможности, предлагайки недостижими за старите методи стандарти за работа.

Един голям проблем в киното, намира своето софтуерно решение от новозеландския софтуерен инженер Стивън Регелоус, помолен от Питър Джексън през 1996 г. да създаде софтуер, позволяващ създаването на напълно реалистични компютърно генерирани персонажи, изграждащи масовките при бойните сцени от филмовата трилогия „Задругата на пръстена“. Така се появява Massive (Multiple System Simulation), който е представител на най-високия клас софтуер за създаване на компютърна анимация, използващ изкуствен интелект. Този софтуерен пакет за визуални ефекти се използва за генериране на тълпи от хора, автомобили, летателни апарати, най-общо казано, системи със собствена логика на поведение, контролирано от интелект. Възможността бързо и лесно да бъдат създадени хиляди или дори милиони персонажи (агенти) и всички да действат като личности, представлява иновативно и революционно решение за разлика от индивидуалното програмиране на поведение, извършвано на ръка.

Размитата логика (fuzzy logic) е концепция, която има за цел да даде решение, което да се справи с изкривяването на истината, когато стойността може да варира между напълно вярно и напълно невярно, или с други думи да борави с променливи стойности. Това се постига чрез прилагането на размитата логика или вероятностна логика, която се занимава с мотивите, че е приблизително, а не фиксирано или точно. В контраст с традиционната логика, основаваща се на двоичните стойности (вярно-1 или невярно-0), размитата логика борави с променливи и може да има различни стойности или степени за истина, която варира между 0 и 1. Тази логика се основава на теорията за размитите множества, която е дефинирана и развита за първи път като модел още през 1965г. от Лотфи Заде. Човекът считан за пионер в областта на изкуствения интелект.

### **1.3 Технологии за улавяне на движение (Motion capture).**

Motion Capture е процес на записване на живо събитие, изразено чрез движение с математически похвати, чрез проследяване на броя ключови точки в пространството, който в течение на времето се комбинират помежду си за да се получи триизмерно копие на прототипа с неговите динамични характеристики.

Първоначално тези технологии са създадени като инструмент за фотограметрични изследвания и анализи, в областта на биомеханиката през седемдесетте и осемдесетте години на миналия век. Основно за нуждите на образованието, промишлеността и спорта, а в последствие намират своето приложение и в компютърната анимация. Техническите похвати, които се прилагат са различни, но принципът е един, проследяване в реално време на неограничен брой ключови точки без интервал на възможно най-висока честота, стремейки се да бъде отчетено дори най-слабото движение.

Съществуват различни методи и дори системи за улавяне на движение, различаващи се в технологично отношение една от друга. И докато едните функционират в реално време, другите се базират върху пост продукционни средства, чрез обработка на предварително заснет видео материал. Тези технологии обслужват основно процеса на „Анимиране“, който придава динамични характеристики на дигиталния персонаж. При разглеждането на компютърните техники на анимиране, ние можем да ги обобщим, свеждайки ги до три основни метода за контрол на движението.

Първият е художествената анимация, в която основната отговорност за изработване на поведението на обекта (субекта) е посредством метода на интерполацията между ключовете. Вторият се основава на данни от движение на жив субект, които ще се преобразуват в поведение на графични обекти (motion capture). Третият е известен като процедурна анимация, в която компютърен модел се използва за контролиране на движението. Обикновено това се извършва под формата на определяне на първоначалните условия за някакъв вид физическа или поведенческа ситуация. Най-старите системи за улавяне на движение са механичните. Те се базират на дублираща структурата на обекта система от арматура и потенциометри, които се ползват за определяне степента на въртене на всяка ставна връзка, към която са прикачени.



Друг един метод, първоначално аналогов, а в последствие и цифров, използващ оптични потенциометри е използван през 1988 година за филма „Toys” на Бари Левинсън. Системата използва механичен екзоскелет, дублиращ опорно-двигателната конструкция. Той първоначално е използван за управление в реално време на кукли, там където не трябва да се вижда кукловода. Например, куклата на жабока Термит от „Мъпет шоу“, продукцията на Джим Хенсън .

С въвеждането на камера-базираната система за улавяне на движение от Петер Кон (Peter Conn), технологията прави своята голяма крачка напред. През 1992 г. камера-базираната технология е използвана при създаването на музикалните клипове: „Steam”- на Питър Гейбриъл, „Waterfalls“, „Sister of Pain” и във филма „The Lawnmower Man „/Човекът косачката/ от 1992. Системите за motion capture най-общо се класифицират в три категории, в зависимост от това, къде са поставени датчиците за улавяне на движението и каква е посоката им на действие, но в крайна сметка се ползва принципа на триангулацията.

- **Отвън /outside-in system/** – Използва външни сензори за събиране на информация: камера-базираната технология, при която се проследяват посредством разположени около обекта камери, рефлексните маркери, поставени върху тялото на обекта или чрез разпознаване на неговия силует конструкция. **Фиг.23**
- **Навътре /Inside-out system/** – Системата използва сензори поставени върху тялото на обекта, които събират информация от външни източници. Това са електромагнитни сензори, които отчитат и реагират на генерирано отвън магнитно поле.
- **Навън /Inside-in Systems/** - Тези системи съдържат вътре в себе си както източниците, така и своите сензори. Като така окомплектовани, те са интегрирани в костюми, които се обличат върху тялото на обекта. **Фиг.22** Примери за тези устройства са електромеханични костюми, в които сензорите са потенциометри или мощни гониометри, дублиращи ставите на опорно-двигателния апарат на човешкото тяло. **Фиг.21, 24**

Всяка една от изброените системи, притежава специфични качества и недостатъци, определящи прилагането и в една или друга сфера на приложение.

Оптичният метод, използващ система от видеокамери, се характеризира с много високо ниво на точност. Позицията се определя чрез множество камери, най-малко две, посредством които се определя позицията на предварително определени точки в 3Д пространството /маркери/, монтирани като сегменти към стави и специфични конструктивни елементи на обекта /актьора/. Целта е режисьорът и операторът да добият непосредствена представа за действието и композицията, за да не се налага да се работи „на тъмно“. За тази цел данните от системата на Vicon постъпват директно в Unreal Engine /за тази цел може да се ползва и Motion Builder, като обектите са представени задължително като ниско полигонални копия/. Така функционира техниката smulcam, при която режисьорът, операторът и участващите актьори могат да видят какво става с дигиталните персонажи и поведението на виртуалната камера директно в

CGI средата. Или на кратко: **WYSIWYG** от *What You See Is What You Get* — Каквото виждате, това получавате.

Друга важен момент е възможността за промяна на реплики и диалози, чрез разработената от **Weta** и екипа на Джеймс Камерън - **Facial Performance Replacement** технология.<sup>5</sup> **Simulcam** е процес, позволяващ комбинирането на CGI- герои и среда с жива актьорска игра в реално време. При това и поведението и характеристиките на самата камера, с която се заснемат живите актьори също се кепчерира. Тази техника налага участващите в мизансцена актьори да носят специално проектирани костюми с активни маркери и шапки със специално монтирана камера, насочена срещу лицето, с цел да следи мимиката на актьора. Така докато камерите свалят движенията от телата на актьорите, едновременно с тях тази прикрепена фронт камера към лицата им сваля и най-леките изменения в мимиката им. Така се постига много високо ниво на реалистичност при създаването на CGI персонажите.

През 1877 - 1878г., провокиран от желанието си да заснеме и изследва и проследи движението, фотографът Едуард Майбридж /Eadweard Muuylbridg/, прави поредица от фотографски експерименти. За да заснеме галопиращ кон, той нарежда в редица фотоапарати по протежение на подготвено за случая трасе, по което ще се движи коня. За да бъдат последователно задействани затворите на фотоапаратите, Майбридж опъва тънки влакна свързани с всеки един фотографски затвор. Целта е натъквайки се на тях, конят при преминаването си да активира последователно затворите на фотоапаратите и така движението да бъде заснето в отделните му фази. Откритият от него метод, създава предпоставка за истински пробив в областта на motion capture и 3D технологиите, а също и в сферата на специалните ефекти, казано в по-широк план. Чрез комбинирането му със съвременните дигитални технологии, методът става база за създаването на „Universal motion capture“, от Digital Air. Патентованата от тях система използва голям брой цифрови HD камери „Movia“ - подредени в редици. Техническите възможности на системата и в частност на камерите са големи. Защото при тях може да се контролира скоростта на затвора, а от там и времето за експозиция, както и честотата на кадрите осигуряват широк спектър от възможности, които от своя страна провокират създаването на определен тип дигитални ефекти като: frozen moment, progressive super slow motion, stop-start, live action, slow motion, time ramp, space ramp, time blur, space blur, long exposure, multiple exposure, open flash, flash trail, light painting, motion distortion, match cut. Frozen moment /замръзнал момент/-всички камери снимат едновременно обекта в единичен кадър. Самата система от камери може да бъде разположена по различен начин в равнинна права, дъга окръжност или крива, следваща извивките на формата, например на автомобил, архитектурен елемент или траектория на движение на обекта, който ще бъде проследяван.

---

<sup>5</sup> *Frei, Vincent.* DAWN OF THE PLANET OF THE APES: Daniel Barrett – Animation Supervisor – Weta Digital The Art of VFX – 2014 <http://www.artofvfx.com/dawn-of-the-planet-of-the-apes-daniel-barrett-animation-supervisor-weta-digital/>, Създадена 06, 08,2014г., Прегледана на ,02,01.2015г.

**PhaseSpace** – това са импулсни оптични системи за сваляне на движение, при които се използват активни маркери монтирани на костюми. Целта при използването на активните маркери /червени или инфрачервени LED/, е да се постигне по голяма четимост, а от там и да се получи по-чиста информация.

Най-голямото предизвикателство пред технологиите все пак остава свалянето на мимиката и говора от лицето на актьора. Проблемът се състои в това, че докато при поведението на тялото се борави все пак с предвидими твърд и обекти-човешкия скелет, то при изследване на лицето се касае за мека деформируема материя. За да се справят с предизвикателството някои системи освен употребата на маркери, се залага на висококачествена лицева времева топография. Това е без маркерен процес, при който вместо поставени за целта маркери, се използват анатомичните дадености и пигментация на лицевата кожа. При този метод се генерират чрез алгоритми средно между 5000 - 7000 опорни точки, чрез които се създава референтна 3D конструкция. За заснемането на обекта се използват високо революционни камери. За сравнение, другите системи ползват стандартно за лице от 30 до 300 маркера максимум. На същата идея се основава и системата **Contour** на **Mova** като концепция.

При този метод се използва флуоресцентен грим, който нанася посредством гъбичка, за да се постигне много фин растер върху лицето. Така камерите могат да ползват растера от грима за опора вместо даденостите на лицето. Достига се възможност за регистриране на детайл с точност до милиметър или около 100 000 полигона заснети в сцена. За да се синхронизира системата във времето се използва SMPTE код, при скорости в диапазона от 24 до 120 fps. Броя на камерите варира от 2 до 256, като на актьорите могат да бъдат поставени допълнително и маркери. Целта е да се проследи всеки нюанс при поведението като специфично изпотяване, зачервяване в следствие на приток на кръв, до порите на кожата като ниво на детайлност при сканиране. Целта е максимална убедителност и фотореализъм. Така системата се превръща в 3D скенер. След сканирането когато се налага редакция се използва инструмента **blendshapes**, чрез когото се правят контролирани плавни преходи /морфинг/ между различните статични кадри, съдържащи състояния или говорни фонемни като елемент от говора. Технологиите е използвана много успешно при създаването на филма „Странният Случай с Бенджамин Бътън“ 2008 г.<sup>6</sup>

Когато е необходимо да се изпълнят сложни и опасни каскади се прибегва до SGI решения при които актьора се сканира чрез 3D скенер, свалят се движенията му чрез motion capture, а след финалното рендерирание се смесват среда с персонаж в постпродукционен софтуер, за финално рендерирание.

---

<sup>6</sup>*Seymour, Mike.* SBS, The Curious Case of Aging Visual Effects, Създадена на 01,01, 2009, прочетена на 2.11.2014г. [http://www.fxguide.com/featured/the\\_curious\\_case\\_of\\_aging\\_visual\\_effects/?ua=ipad](http://www.fxguide.com/featured/the_curious_case_of_aging_visual_effects/?ua=ipad)

*Stranahan, Lee.* WATCH: The Amazing (Oscar Nominated) Effects Of Benjamin Button, Публикувана 02,07,2009, прочетена на 02.11.2014г. [http://www.huffingtonpost.com/lee-stranahan/watch-the-amazing-effects\\_b\\_158834.html](http://www.huffingtonpost.com/lee-stranahan/watch-the-amazing-effects_b_158834.html)

**На вътре /Inside-out system/** – както вече стана дума за тези системи, техният принцип на действие е следният: използват се сензори поставени върху тялото на обекта/актьора/, които събират информация за своето местоположение в пространството на базата, отчитане интензитета на магнитни полета или ултразвук, генерирани от външни източници.

Методите за инерционно проследяване стават възможни, благодарение на постигнатата миниатюризация при създаването на много- малки сензори. Така се стига съвсем закономерно и до създаването на независимите от обема и външно въздействие затворени системи, известни като **Inside-in systems**. При тях източникът на магнитно поле и сензора са събрани заедно в един елемент. Известни са като синтезни сензори и имат предимно военно приложение. Елементите се монтират в специално създаден за случая костюм, заедно със захранващия блок и миниатюрен предавател който актьора облича.

Съществува и един друг чисто двуизмерен метод за улавяне на движение известен като **ротоскопинг**. Тази техника е създадена и патентована през 1914 техника от Макс Флейшер, като средство за копиране на движение и поведение на заснети актьори чрез прерисуване върху хартия, посредством покадрова рип проекция върху матово стъкло. Първоначално е прилагана в анимационното кино. Методът на копирането при който се използва разграфено стъкло за пренасяне на формата на обектите зад него е известен и прилаган още от времето на ренесанса, при изследване на перспективните съкращения в архитектурата, предметите и живата натура. Но Флейшер го развива като вместо натура използва покадрова рип проекция на заснета актьорска игра. За тази цел неговият брат облечен в костюм изиграва персонажа на клуона Коко. Той продължава да експериментира и с отразяване на богатството и фините изменения при микро-мимиката и пластиката на тялото при създаването на филма “Пътешествията на Гъливер“.

Търсеното сюрреалистично интерпретиране и въздействие на натурата, е постигнато чрез езика на преднамерената плакатна условност на трансформираната натура. Характерна за комикса. Но тази условност, преди всичко има за цел да експонира личностните характеристики на живия актьор, който стои зад стилизирания образ. Като същевременно се подсили и хиперболизира експресивното въздействие на кино образа посредством психологическото въздействие на рисунката. Там където е необходимо и чрез трептения в линията и шриха. Ротоскопинга се прилага и днес в пост продукцията, там където е необходимо прилагането на ръчна сепарация като алтернативен метод на цветовата сепарация /blue-box, green-box/. В процеса на този вид сепарация се използва принципа на маската и контра маската.

Друго приложение на ротоскопинга е при детайлната колоризация и управление на графичният контраст в заснетите кадри.

## Втора Глава. ТЕХНОЛОГИЯ НА ПРОЕКТИРАНЕ И СЪЗДАВАНЕ НА ДИГИТАЛЕН ДЕКОР ЧРЕЗ ПРИЛОЖЕН СОФТУЕР

### 1.1 Изграждане на виртуална архитектурна среда, чрез методите на дорисуване, базирана върху натура /*mate painting*/.

**Mate painting** /матирана живопис/, е традиционна техника на рисуване, прескочила от класическата живописна картина към цифровата илюзия. Целта е да се дорисува някаква несъществуваща част в натурната среда, която попада в ползрението на камерата. И така получената картина да бъде интегрирана с живото действие. Първоначално за тази цел са използвани големи стъклени плоскости, върху които с маслени бои и пастели се е извършвало дорисуването. Първият известен кадър с участието на **Mate painting** създаден през 1907 година, от Норман Доун /Norman Dawn/, който рисува върху стъкло разпадащата се мисионерска мисия в Калифорния. Други известни участия на традиционната **Mate painting** техника са кадри от филмите: „Магьосникът от Оз“ - Смарагдовият град, Гражданинът Кейн, Star Wars Episode IV: A New Hope и редица други. Бързият напредък на графичните компютърни технологии към средата на 1980-те години на миналия век, позволява на художниците, прилагащи традиционната техника да работят в дигитална среда/CG/. Така че през 1985 година художникът Крис Евънс създава първата цифрова **Mate painting** живопис за филма Младият Шерлок Холмс – анимация на рицар, изкачащ от витраж. Това събитие има повратно значение в развитието на CGI. Евънс първо рисува витража с акрилни бои, след което използва системата на Lucasfilm Pixar за по-нататъшна цифрова обработка и трансформация на изображението. Двете техники за първи път се смесват, за да се постигне резултат, невъзможен за класическата традиционна технология преди. През 1990-те години, традиционната **Mate painting** технология все още се използва, но все по-често се прилага в комбинация цифровия композитинг. Die Hard 2: Die Harder /1990/, е първият филм в който се прилага дигитален композитинг, позволяващ смесването на заснети кадри с живо действие и елементи създадени с помощта на традиционната живописна техника върху стъкло, които са сканирани и вкарани в компютър. Това е последната сцена от филма, състояща се на летището – пистата за излитане и кацане на самолетите.

До края на десетилетието, традиционната класическа техника се приближава към своя край. Една от последните е създадена през 1997 г. от Крис Евънс за филма на „Титаник“. Това е кадърът със спасителния кораб Карпатия .

Много често се е прилагала техниката за оптично смесване известна като **Schufftan** процес. Чрез този популярен метод от арсенала на триковите/комбинирани/ снимки са заснемани едновременно натурна среда, декори, макети, дорисовка и живи персонажи. В някои случаи е използвана и задна-рир и предна прожекции. Най-често този метод се е прилагал при снимки в павилион. Тези класически методи за композитинг преминават и в дигиталната технология. Хората тогава едва ли са предполагали, че сложни и трудоемки операции извършвани тогава по тяхно време, ще се свеждат до няколко клика на мишката сега.

**Mate painting** сега се постига чрез използване на цифрови изображения, създадени с помощта на колажи интегриращи фото обекти, рендерирани 3D модели и дори рисунки, направени ръчно, но с

използването на графични таблети. Художниците обединяват и обработват различни натурни структури и текстури, създадени чрез софтуер, 3D среди и обекти, позволяващи 3D движение на виртуална камера. Авангардни алгоритми за симулиране на фотореалистично осветление за използват за симулиране на светлинни източници. Годината 1995, в която се представят за първи път възможностите на **radiosity** остава в историята на CGI, чрез филма „Казино“ на Мартин Скорсезе. Тази техника е приложена за създаването на екстериорните градски сцени на Лас Вегас характерни с многобройните си неоновни светлини. При създаването на дигиталното осветление е използван софтуера Katana.

Понякога дигитален *mate painting* се използва и за дорисовка или трансформация на жив актьор. Във филма „Изобретението на Хюго“ от 2011 г. в определени сцени е извършено дигитално дорисуване на главния герой. За целта частите от тялото които трябва да бъдат дорисувани се покриват със зелен или син плат, за да могат да бъдат изрязани. А прикачването на дигиталните елементи се извършва чрез тракерите които са залепени върхи сепарационните зони.

## 1.2 Иновативни технологии и история на системите за 3D сканиране.

Тримерните скенери са механични или механично оптични устройства, с чиято помощ се извличат данни, касаещи формата, външния вид и дори плътността на обектите и обкръжаващата ги среда. Информацията се трансформира в цифрови 3D модели с помоща на специализиран софтуер. Измерването се извършва чрез отчитане на разликите в позицията, ъгъла и отдалечеността на контактни точки от обекта, спрямо предварително заложената чрез калибриране координатна система и определена позиция на уреда. Съществуват два метода за 3D сканиране, контактен и безконтактен.

Първият успешен опит за 3D сканиране в киното е извършен с помощта на софтуера Superware<sup>7</sup>. Този софтуер е пионер в областта на триизмерното безконтактно сканиране. Лазерно-видео базираната технология, може да сканира сложни обемни обекти като хора и предмети само за няколко секунди. Полученият полигонален модел, създаден въз основа на цифрови данни, съдържа подробна информация за формата и релефа на повърхнината заедо с цвета. Този метод на 3D сканиране е използван за първи път при създаването на цифровите модели на главните герои от „Star Trek IV: The Voyage Home“ 1986г.

Методите, които се използват при 3D скенерите се класифицират най-общо в две групи- контактни и безконтактни. При контактните скенери устройството има съприкосновение с плоскостта на сканирания обект, докато при безконтактните се използва отразен сигнал: радиация, ултразвук, лазер, или въобще светлина с определена дължина на вълната. От друга страна безконтактните системи се разделят също на пасивни и активни. Най-широко разпространение все пак имат лазерните 3D скенери. **Фиг.59** Основно те се използват при реверсия инженеринг, при сканиране на големи екстериорни площи, интериорни помещения, палеонтологични образци, архитектурни елементи и орнаменти. <sup>8</sup>С тяхна помощ се документират исторически обекти като запис на всеки един от етапите при теренната

<sup>7</sup> <http://cyberware.com/products/scanners/wbx.html>, Създадена 1999 г., прочетена на 15.09. 2014г.

<sup>8</sup> ShapeQuest Inc. Създадена 1999-2014, прочетена на 22.09.2014, [http://www.shapecapture.com/Soft\\_Sales.htm](http://www.shapecapture.com/Soft_Sales.htm)

работа на археолозите. Приложение намират и в топографията и кадастъра, където доминиращият вид безконтактни скенери са Lidar системите. Алтернативен метод за заснемане и създаване на 3D модели е технологията, използваща фотометричния метод. При този метод за събиране на информация се използва поредица от фотографии на обект, като целта е обектът да бъде заснет с колкото е възможно повече гледни точки, в определена логическа последователност. Наличието на повече информация, спомага при съединяването на отделните снимки, да се получи по-малка степен на деформация в граничните зони на свързване. Важно в случая е количеството и последователността на информацията от фронталната повърхност на обекта. За прецизиране и създаване на опорни точки/локатори/, се използва тракинг функция, която обслужва две цели. Да създава реперни точки от една страна и от друга спомага за по-точното позициониране на всяка една гледна точка /позицията на всяка една фотокамера и респективно - фотография/ в координатната система на виртуалното пространство. Следва процес на разпознаване на съвпадения и накрая, функция за интерполация на информацията и структурирането и в полигонална мрежа.

Върху този метод, Digital air създават и развиват авангардна система за улавяне на движение "Universal Capture". Тук е приложен и методът на Майнбридж, за едновременно заснемане чрез голям брой камери. Тази система притежава и много други възможности, наред с функцията си на 3D скенер. Могат да бъдат създавани фотореалистични 3D модели, текстурирани с реалната фактура и цвят. Вместо облак от точки като при лазерното 3D сканиране, системата регистрира плътността на обекта, който заснема, чрез изчисляването на сеченията и описване на силуета във всеки един момент. Технологията е приложена за първи път при създаването на филма „Матрицата“.

Най-доброто решение за мащабно 3D сканиране на натурален терен или архитектурна среда, осигурява системата **Lidar**. Тя съчетава в максимална степен всички гореспоменати качества, които са необходими за създаването на дигитални пространствени решения на базата на натура

Сканираният материал се използва за създаване на **3D библиотеки** от които при нужда могат да бъдат ползвани цели или като елементи. Наличието на такава база данни е много полезна при избора на локации за снимки, в създаването на сценографските решения, вързани с планирането на мизансцена, операторската работа и за реализаторите - хората от групата на специалните ефекти като преки потребители. Особено в случаите, където е важно да има точна обемна информация, изключително полезна в избора на бъдещи или настоящи локации в предподготвителния период. На такъв етап може да се създаде нискорезолюционен триизмерен грундрис, в който предварително да се проиграт чрез аниматика различни варианти на действието и движението на камерата. Благодарение на високата си степен на прецизност, Lidar може да се използва и като тотален **motion capture**. Всяка една точка в пространството която системата регистрира се превръща автоматично в потенциален **локатор** /виртуална дръжка/. Локатора интерфейсен виртуален елемент на тримерната софтуерна среда с мостова функция. Той позволява логическо или механично свързване на различни компютърно създадени обекти, като например емитер за частици/**particles emitter**/. Но има и друга възможност. Сканираният обект може да се импортира като **particles** или **nparticles**. И при двата вида импортиране обекта представлява облак от точки към които може да се присвои функцията- **emit from particles/Maya**/. При движението си

прикачените към основния обект емитери ще създават множество **motion trails**, или с други думи диря от разпадащи се копия на оригиналния обект в пространството. Постигнатият разпад на дирята оставена след формата в пространството, е много близък визуално до ефектите характерни за **universal motion capture**. Разликата идва от това, че при едната като процес се използва натурата и реална среда, а другата се извършва чрез дигиталния модел в дигитална среда. При едната имаме два инструмента – определен брой камери / гледни точки/ в поредица и времевата интерполация при плейването на секвентциите постъпваща от всяка една камера заснемаща движението на обекта в пространството. Докато при другата система имаме неограничен брой гледни точки, а от там и пълно покритие на обекта. Имаме изцяло триизметен целеви обект в пространството, в комплект с динамичните си характеристики и поведение. Отделно имаме пълен контрол върху времето, скоростта, гледната точка и трансформацията на обекта. Тоест, ефекта на 100 те камери развит при **universal motion capture**, може да бъде симулиран с цялото си многообразие от визуални възможности.

Това е една неизползвана до сега възможност на Lidar технологията, в качеството и на **motion capture**. Чрез нея има възможност за безконтактно сканиране и записване както на движенията на хора и животни, така и на отломки при експлозии, поведение на течности, дим, огън и пара. За тази цел е необходимо да се извърши замяната на DSLR камерите вложени в системата с високоскоростни, като компонент на приемния модул. Необходимо е и ограничение на ъгъла на запис, чрез маска или задаване на определен ъгъл на сканиране касаещ управлението на главата. За да се елиминира заснемането на излишна информация от средата. С това се съкращава и необходимото време за създаването на всеки кадър и всяка сцена става по-лека.

### 1.3 Атрибути на материалите

Относно материалите и текстурите е нужно да се внесе едно допълнение. Важно е да знаем каква е спецификата и възможностите на различните средства на ниво материал за доизграждане на релефа и неговата структура, след като е приключил моделинга. Както по-напред беше споменато, лошото текстуриране с лекота може да съсипе чудесен моделинг. Най-безкомпромисен в това отношение е близкият план. Инструментите за постигане на релефно въздействие на материалите са: bump map, normal map и displacement map. При нужда, те могат да бъдат придатък към основните характеристиките на материала: локален цвят, дифузия, отражение, транспарентция и др.

Много добър резултат при рендерирането се постига при съчетаването на Displacement map с AmbientOcclusion. Засенчването по ръбовете и вдлъбнатините придава усещане за плътност на обектите и въздушност на пространството. Препоръчително е архитектурата винаги да се визуализира с pass Occlusion. Производителността и облекчената функционалност правят Arnold render, изключително ефективен инструмент. Въпреки това, възможностите на „промишления рендер“ Renderman си остават ненадминати. Неговата сила е във високото ниво на детайлност, гъвкавостта на материалите и възможността за създаване на инструменти, висококачественият motion blur, стабилността на системата и други.



В промишлените условия на кино-производството, характерно за големите филмови студия, приоритетно за рендериране се използва Renderman. Той може да визуализира particles, curves, blobby surfaces, polygon mesh, subdivision surface, implicit surfaces (имплицитни повърхнини), point clouds и nurbs surfaces. С Maya, Katana и Houdini интеграцията е пълна. Има създадена връзка с D Fusion и Nuke. В процеса на tessellation (фрагментиране като триъгълна полигонална мрежа), PRMan конвертира всички видове повърхнини в микрополигони, с размер по-малък от един пиксел. Целта е да се избегнат артефактите, които са най-големият проблем на някои други рендери. Renderman (PRMan) за Maya притежава няколко модула: **Slim, it** и **RIS**.<sup>9</sup>

**Renderman** е изключителен инструмент, едва ли има рендер система, която да е дала толкова много за киното. Независимо дали то е анимационно или игрално.

## Трета Глава. МЕТОДИ ЗА СЪЗДАВАНЕ НА ДИГИТАЛЕН ПЕРСОНАЖ.

### 1.1. Избор на пластични средства и технология при създаването на дигитален персонаж.

#### 1.1.1. Полигонално аморфно моделиране в МАУА.

И тук както при планирането на снимки и дорисовка важно място заема планирането и подготовката. Особено при разпределението на задачите към различните подразделения в CGI. След създаването на идейния художествен проект следва създаването на сториборда. В него освен времевите дължини се изяснява присъствието на дигиталните персонажи в действието. Изключително важно е преди да се пристъпи към моделирането на персонаж е да се уточни какъв ще бъде неговият и характер и поведение. Как ще бъде анимиран? По какъв начин ще взаимодейства със средата и другите персонажи. Дали ще се използва мимика и липсинг, а също и в какви планове ще бъде рендериран?

Сторибордът има за цел да даде отговор на тези въпроси. Въз основа на него се развиват и доразработват детайлите и аксесоарите, които участват в мизансцена и да обслужват действието. Освен визуална стойност, те имат за цел да подчертаят характера на персонажа. За бъде създаден точен разчет и реален график при разпределението на задачите в CGI, е наложително подробно изясняване и конкретизиране на всички елементи от заданието. В противен случай рискът от навлизане в дълги и безконечни поравки е неизбежен. Това води до сваляне на качеството, провал със сроковете, деморализиране на екипа и не на последно място струва много скъпо.

При изработването на графика е необходимо да се предвиди и аварияен запас от време и мощности, в случай, че възникнат непредвидени усложнения, от технически или кадрови характер.

При създаването на тримерен модел, който в последствие ще бъде анимиран и съответно подчинен на кинематика е необходимо да се вземат под внимание няколко важни условия.

---

<sup>9</sup> <https://renderman.pixar.com/resources/current/RenderMan/risDevGuide.html>

- 1. Той трябва да е колкото е възможно по-лек, но същевременно и да не загуби детайлност. Броят на полигони, а от там и нивото на детайл се определя от това, дали той се създава за сцени, в които ще го виждаме в близък план или ще е част от масовка.
- Структурата му трябва да бъде направена така, че да позволява получаването на чиста деформация, особено при конфликтни зони и места като сгъвките на ставите и при мускулатурата.
- 4. Моделът трябва да няма обърнати лица на полигони и възли, които биха създали проблеми при тесалейтването и в рендера. Той трябва да се заглажда правилно, без да се получава деформация на приложената текстура.
- 5. Прецизно картографиране и оптимизация на текстурите.

При моделиране на персонажи и аморфни форми най масово се използва полигоналния моделинг.

Има различни техники на започване при създаване на обект, но при всички се прилага скулптурния подход – „от общото към частното“. Като опора при процеса на моделиране може да използваме директно натура, или шаблони. Като такива могат да бъдат използвани 3Д сканове /point cloud/-или mesh, рисунки или снимки на обекта представящи го от различните му страни.

В Maya, Houdini, Softimage, ZBrush, Mudbox, 3DMax и др., най- широко се прилага използването на примитиви като куб и правоъгълник, от които чрез екструдване на полигони се създават главата, торса, крайниците, а след това и пръстите. След като приключи грубото моделиране на формата се добавят еджове които създават детайлното разделяне на обемите при мускулатурата и ставите. В Maya тази операция се изпълнява най-често с инструмента- **split polygon tool**. Когато трябва да бъдат добавени сечения се използват предимно-**split selected edge ring** и по-рядко **offset edge loop tool**.

Когато се изгражда формата въз основа на рисунки, снимки или чертежи, заредени като заден план в различните проекции в **Shading** менюто се включват две опции: **Wireframe on Shaded** и **X-Ray**. Обектът става полупрозрачен, но се вижда конструкцията с еджовете и точките. Благодарение на това ние можем да виждаме рисунката в задния план.

Когато към модела ще се прикачват кости и клъстери, той винаги се моделира в Т- образна поза при хората, а при многоногите в успоредно положение на крайниците. Същото условие важи и за крилата, те трябва да се моделират в разгънато положение. Когато се конкретизира формата и се зададе грубия обем на детайлите, възниква проблем при контрол на мрежовата структура.

Поради нарастналия брой точки, трудно вече може да се правят корекции и има опасност от загуба симетрия. За да се избегне оплитане и усложняване в работата, се предприемат няколко стъпки. Първо се изтрива едната огледална половина на обекта, след това се прилага опцията - / **Maya/ Edit > Duplicate special > Options**.-с включена опция-**Geometry type: Instance** и **Group under: Parent**.. В зависимост от избраната ос в менюто **Scale:** се задава минусова стойност за една от стойностите. Например: **-1, 1, 1**-съответстващи на **X, Y, Z**. С тази операция се получава огледален образ.

Измененията и манипулациите, направени върху едната страна на обекта ще се повторят автоматично върху другата.

Когато обектът е напълно завършен се изтрива създадената с предишната операция половина от него и се прилага операцията **Mirror Geometry**.

При създаването на сложни в пластично отношение модели с високо ниво на детайл е за предпочитане да не се използва displacement, а директно да се работи в посока на високо полигонално моделиране. В този случай се използват методите и инструментите за скулптурно моделиране. Процесът се извършва със задаване на висока резолюция при полигоналната структура.

За този вид моделиране се използват софтуери от групата на ZBrush, Mudbox, Sculpttris и др. Високо полигоналният модел може да бъде използван за генерирането на normal map, който след това може да бъде трансфериран към ниско полигонална референтна версия на базовия модел. ZBrush и Mudbox поддържат функция за експорт на normal map и displacement.

В ZBrush за нахвърляне на грубата форма, често се прибегва до инструмента **ZSpheres**. **Фиг.105, a.-фигура.b.-глава** Този инструмент е много близък до действието на Metaballs и extrude. За разлика от похвата за изграждане на модел, чрез стартиране на процеса от прости примитиви като куба или сферата, **Фиг. 106**, този инструмент осигурява по-голяма гъвкавост за моделиране. С него ние бързо изграждаме целия обем, но същевременно можем да навлезем и в детайл.

Когато създадем обект с инструмента ZSpheres, ние можем да видим как ще изглежда след като бъде конвертиран в полигонална структура, като включим опцията Preview от менюто- **Adaptive skin**. Степента на насищане на мрежата можем да регулираме с увеличаване на стойността от Density. По подразбиране тя е зададена като 2. И ето тук си проличават възможностите на софтуера. След като сме изградили грубата форма със ZSphere, ние имаме две възможности:

1. Да го конвертираме в полигони и да продължим със скулптирането, като включим опцията mirror и постепенно вдигаме нивото на детайл (резолюция) на меша.
2. Да продължим изграждането чрез принципа на натрупването, като използваме инструмента - **ZScetch**. **Фиг.107** Този интуитивен инструмент, е много подходящ за детайлно моделиране на мускулатура.

Ако решим да използваме втория метод, можем да включим инструмента и да променяме неговите настройки : **ZScetch>Edit ZScetch** За да можем да работим с него, трябва да включим и опцията **Draw**. Чрез бутона **S**, можем да променяме радиуса на инструмента за рисуване, подобно на четка. Когато симетрията е включена, ще имаме възможност за паралелна работа в двете половини. Най-удобно е веднага след като сме положили една линия, преди да сложим следващата да приложим заглаждането. По-големият радиус, зададен за четката, ще ни осигури предимство, защото при прилагане на заглаждане обемът се свива. Можем да избираме няколко вида заглаждания. Един от тях 4, предлага изостряне на краищата на формата. Той е най-подходящ за създаване на мускулатура.<sup>10</sup> Когато работата ни по създаването на мускулатурата приключи, можем да изберем опцията- **Adaptive skin**, за да проверим как моделът би изглеждал, след като бъде конвертиран в полигон. Ако резултатът ни удовлетворява, конвертираме го в полигон и можем да дорисуваме детайлите чрез скулптурските инструменти от Toolbox.

---

<sup>10</sup> Scherer, Manuel. ZBrush 4, Sculpting for games, Beginner's Guide -2011

## 1.2. Неконвенционални методи за създаване на дигитални персонажи

### 1.2.1. Point Clouds

Този метод е в контраст с гореописаните техники, защото е продукт на 3D скан. По същество ние имаме обратен процес, при който се извършва оптимизация и ретуш, а може и дори дорисовка или трансформация на натурата. Самият процес на 3D сканиране може да бъде съотнесен най-общо с фотографията. Тук артистичният или художественият елемент се проявява, чрез личната намеса на художника. Тя може да бъде постигната, чрез деформация или трансформация на натурата в посока на абстрактно разлагане на формата или хиперболизация подчинена на определени драматургични трофи.

В тази посока диапазона и възможностите са много големи.

Но има случаи в когато се налага жив актьор да бъде дигитализиран с максимална степен на реализъм и детайл. Това са сцени с рискови каскади или сложни дигитални разрушения, в които е много сложно смесването на натура с дигитални елементи. Неговото дигитално копие също е подходящо за сцени в които стилистиката налага известна стилизация на персонажите, които трябва да кореспондират с реални личности, но и да носят техните визуални и поведенчески характеристики.

Разбира се сканираният материал е необходимо да мине през проверки на фейсовете и оптимизация. Трябва да бъдат избегнати преплитания на фейсове, разкъсвания или обърнати лица на полигони в структурата на обекта.

Пред процесът на оптимизация има две възможни посоки. При едната се извършва редуциране на броя на полигоните, а при другия се създава чрез трасиране друг олекотен обект въз основа на сканирания. Този метод е много близък с похвата, който се използва при реконструкцията на сканирани терени и сгради. Оптимизацията се налага не само заради проблеми с грешки в рендера, но и заради тежестта на обектите, когато към тях бъдат прикрепени кости, динамики или скриптове. Те са и трудни и за текстуриране.

Концепцията за създаване на обекти чрез плътността на частици има своята история. Моделирането се използва принципа на отпечатъка върху пръст, по аналогия на метода за леене на метал в пръст. Това е логиката на твърдите обекти- **solid surfaces**. Този вид структури намират място и в сегашните CAD-CAM системи, за нуждите на конструктивното инженерно проектиране. Поради възможностите им за анализ на формата и физическите ѝ характеристики, измерване на обема и задаване на различни настройки в плътността.

### 1.2.2 Particle modeling

Идеята за пясъчната скулптура намира своята дигитална реализация и сега, но се постига с други средства. В този проект, генерираните 25000 points, се използват като емитери на частици.

Всеки емитер може да бъде прикрепен към вертикс от полигоналната мрежа на сканирания обект.

### 1.2.3 3D Fractal modeling

Когато разглеждаме дигиталните методи за създаване на персонажи и среда, във фокуса влизат и спомагателните техники. Техният принос не е маловажен, от гледна точка на техните уникални пластични средства. При изграждането на структури, фракталният метод добива голяма популярност при Scanimate. Той е един от най-старите математически методи за формообразуване. С развитието на OpenGL протокола, той се равива успешно и в тримерната графика. Появяват се различни модулирани абстракти, ограничени и геометрични структури. Пример за това е появата на една много интересна група

софтуери -3D fractal generatoris, от типа на **Mandelbulb 3D**. Математика Бенуа Манделброт, дава своето име на софтуера и алгоритъма „Множество на Манделброт“.<sup>11</sup> за създаване на хиперкомплексен фрактал. Има редица примери, които добре илюстрират възможностите на този метод, и при сценичния костюм.

#### 1.2.4 Hard surface modeling

В противовес на персонажите подчинени на аморфните форми, съществуват и такива които можем да характеризираме като подчинени на геометричната структура. При тяхното създаване се прилага метода за твърдо моделиране, известен като/ **hard surface modeling**/ защото са много по-близки до промишлените форми отколкото аморфни структури. В тази група влизат всякакъв вид трансформиращи се хибридни същества роботи, притежаващи машинни характеристики или елементи. За създаването им се използва хибридна технология. При нея можем да започнем с криви и производните им нърби, които след това да конвертираме в полигони. За да се избегне утежняване на полигоните при заглажданет чрез smooth, ние можем да ги трансформираме в subdivision surface. Заглаждането можем да контролираме, като добавим или приближим един до друг няколко еджа. Така заглаждането е контролирано и придобива локален характер.

#### 1.2.5 Procedural modeling

Друга разновидност на твърдото нърбс моделиране е процедурното моделиране /вид алгоритъмно моделиране/. Най- популярното софтуерно приложение, разработено въз основа на този метод, е **Grasshopper** за Rhinoceros 3D.

Чрез него, към всеки създаден в Rhino обект, като point, curve или surface, можем да присвояваме **utility**, контролер, смесител, или функция. Всички те се свързват чрез нишки и хиперлинкове. Накрая, за да финализираме всички процеси, за да получим завършен продукт, се прилага функцията **-bake**. Тя фиксира резултата, превръщайки го във фиксирана сърфейс структура.

Има примери в киното, при които разбираме за наличието на живо, или човешко присъствие само чрез движението на дрехите му. Възможен пример за това е образът на невидимият, изигран от актьора Кевин Бейкъм, във филма „Hollow man“ от 2000 г. Въпреки, че тогава е използван chroma key.

Невидимият персонаж е заплаха за останалите участници в действието. Той символизира злото, което дебне наоколо. И това е част от неговата сила. Ако невидимо същество стане видимо, се приема че е загубило по някаква причина силата си- **"Хищникът" -1987г.** Когато не виждаме опасността градусът на напрежение е много по висок.

Когато Арнолд Шварцнегер поврежда камуфлажа на противника си, везните вече се накланят в негова полза. Той е разгадал част от загадката и победата му е въпрос на време.

За създаването на дигитални персонажи могат да бъдат използвани и тримерни криви, течности, пушък, пясък, камък огън и други абстрактни или натурни материали и форми. Във визуален план това са изразни средства с определено психологическо въздействие. Вид метафори. Огънят е силна метафора.

---

<sup>11</sup> Nylander, Paul. Hypercomplex Fractals, Създадена 2009г., прочетена на 12.02.2014г., <http://www.bugman123.com/Hypercomplex/index.html>

*Mandelbrot, Benoit.* Father of Fractal Geometry, Създадена на 12.11.2012 г., прочетена на 12.02.2014г. <http://mandelbulb.com/category/introduction/>

**Фиг.205 „Призрачен ездач“.** При този вид подход се залага на стилизацията и обобщението. То работи на принципа на знака. Като сламеният човек – Пурчо, от българският фолклор, или образа на Буратино.

Във филма „*Изкуствен интелект*“, също можем да открием темата за Буратино. Куклата, която придобива душа по чуден начин и става живо човешко същество. Както и да е създаден или каквото и да представлява във визуален план един дигитален персонаж (типаж), ако е лишен от живо поведение си остава само една виртуална скулптура. Животът идва от действието, а действието от ситуациите. Интересна е връзката между човека и машината. Когато са в симбиоза, машината може да погълне човешкото и да доминира над него, дори да го обезличи. Но е валидно и обратното - машината да придобие човешки характеристики и да развие емоционалност и чувствителност. Тези обрати, свързани с проява на вътрешен конфликт са интересни за киното- „*Аз роботът*“ от 2004г. Филмът е екранизация на едноименния разказ на Айзък Азимов. Негови са трите закона за роботите, посветени на научната фантастика:

1. Роботът не може да причини вреда на човек или с бездействието си да допусне на човека да бъде причинена вреда.
2. Роботът е длъжен да се подчинява на човека, ако това не противоречи на Първия закон.
3. Роботът е длъжен да се грижи за собствената си безопасност, ако това не противоречи на Първия и Втория закон.<sup>12</sup>

Котрапункт е злодеят човеко-машина, командир на стоманения паяк, от филма „*Този див, див запад*“-1999 г. Тук машината е изпълнителният силов елемент, а злодеят е мозъкът. Тя е протезата, която компенсира неговата слабост. Типичен архитип на „мошеника“, който си служи с измама, жестокост и коварство.

### **1.3. RIGGING - Монтиране на костна система и контролери за управление върху дигитален персонаж.**

Преди да пристъпим към **Rigging** /монтиране на кости/, е необходимо да организираме обекта и елементите към него в стройна структура, разпределена в групи и леъри. Когато обектът е тежък и е съставен от много елементи, се създава нискополигонален дубликат- **proxy** модел. Така много по-лесно ще ни бъде да анимираме нискополигоналния модел а след това да рендерираме паралелния с него високорезолюционен модел. Преди създаването на костната структура моделът трябва да бъде в стандартната „Т“ образна поза. Както споменахме по напред с тази поза на тялото се започва кепчерирането на поведение при всяка motion capture система. Ако персонажът притежава крила или опашка, те трябва да са разпънати, а тя трябва да е в изпънато положение.

Костната система не само осигурява възможност за управление на персонажите чрез права (**FK**) и инверсна кинематика-(**IK**), но и позволява пренасянето на поведение от жив актьор кърху дигитален персонаж. Тя играе ролята на изпълнителният елемент в системата на управление, защото директно контролира структурата на модела.-Било то полигонална, нърбс или партикъл ситема.

---

<sup>12</sup> Азимов, Айзък. Хоро(Runaround), печатно издание от 1964г.

Там където възможностите на костната структура са недостатъчни и трудно може да бъде използвана, се прилагат други модификатори , като clusers, lastise deformer, blend shape, Juggle deformer, мускули и други. За да бъде създадено ефективно управление е необходимо изпълнените елементи да бъдат подчинени на йерархия, за да не си пречат или блокират взаимно.

### 1.3.1 Създаване на лицева костна система и контролери за управление

От съществено значение е прецизното разпределение на влиянието между костите на скелета. Доброто разпределение на тежестите позволява избягването на деформации или усуквания на съседни зони. А йерархията на атрибутите оказва влияния върху пропорционално преоразмеряване на модела, когато се налага той да бъде смален или уголемен в сцената.

За ръчно създаване на лицева анимация и липсинг при сложни модели се използва **blend shape deformer**. Чрез него ние можем да променяме състоянията на мимиката, посредством дефинирани слайдери. Съществуват и периферни електронни устройства на които могат да бъдат „мапнати“ отделните пози. Обикновено този метод се прилага при изразяване на крайни състояния, защото преходите са много плавни и естествени.

## 1.4. Управление на дигитален персонаж- чрез стандартни Motion Capture системи в реално време

Това са всички видове motion capture и face tracking системи, работещи в реално време. Резултатът от тяхната работа можем да наблюдаваме в реално време, чрез гейм енджин от типа на Unreal, или специално създадени за целта софтуерни платформи. Идеята е следната, режисьорът и екипът да имат обратна връзка. Тоест, възможност, непосредствено в хода на актьорското изпълнение да наблюдават и оценят поведението на дигиталния персонаж. Все пак това е възможност за създаване само на превю. То не може да замести или елиминира композинга и финалния рендер. Развитието на системите за улавяне на движение, създават предпоставка за появата на софтуерни инструменти за редактиране и комозитинг на записаните движения. Първите софтуери са прости асемблери на локатори, докато новото поколение от типа на MotionBuilder, притежават много широки възможности. Принципът на нелинейния монтаж при работата с motion clips, възможностите за редактиране на кепчърски файлове, контрол на процеса в реално време и възможностите за много гъвкаво ръчно анимиране, създават репутацията на този софтуер. **MotionBulder** може да се свързва чрез пългини с motion capture системи в реално време. Същевременно MotionBulder и Maya поддържат ONLINE връзка в реално време. За да бъде разпознат ригнат персонаж е необходимо да бъде дефинирана неговата контролна структура, спрямо стандарта на MotionBulder. Процесът на разпознаване се извършва чрез структурата **Character Definition**.

Можем да редактираме монтираме и кадансираме създадена анимация подобно на видео материал. Този метод на работа е много удобен, защото ни позволява да контролираме лесно процеса. Имаме възможност да наблюдаваме траекторията на всеки кокъл при движението му в пространството. Когато имаме няколко взаимодействащи си персонажи в една сцена, този вид помощни визуализации са много полезни. Motion Builder има своите аналози , като Naturalmotion Endorphin, но за разлика от тях се развива многопланово и притежава възможности много над своите аналози.

### **1.5. Пост продукционни тракинг методи за сваляне на поведение.**

За този вид motion capture може да бъде използвана почти всяка тракинг функция, с която са снабдени пост продукционните софтуери: Fusion, Nuke, AfterFX, DaVinci Resolve и други. Но съществува друга група професионален софтуер за тракване, който се използва най-често за такъв тип задачи. В тази група спадат PFTrack, Voujou, Redeye и др. Процесът е постпродукционен и за него се използва заснет видеоматериал. Препоръчително е той да бъде заснет с няколко камери поддържащи висока резолюция и битрейт. Актьорите се обличат с костюми, върху които под формата на пояси са поставени пасивни маркери, при които се разчита на графичния контраст. Маркерите най-често са триъълници, защото наличието на ъгли подпомага разпознаването от алгоритъма, отговарящ за позиционирането на тракера.

За да се постигне по-прецизно позициониране на тракерите в пространството и за да е избегне загубата на информация от траквания обект, е по-добре да го заснемем едновременно от различни гледни точки. Така ще имаме много повече локатори и при загубата на един или няколко, ще можем да компенсираме с другите налични. В Motion Builder например, можем да асоциираме група локатори към дадена кост, или възел. Този метод се използва, когато частично трябва да дорисуваме детайли от образа на героя(актьора). Можем да използваме този метод и за face capture. Недостатък на пост продукционния метод за кепчериране е че е процес, който не се извършва в реално време и трудно можем да повторим ситуации, при които имаме дефекти и грешки.

За своите нужди Industrial Light and Magic-ILM, създават пост продукционен метод за улавяне на движение-**imocap**. При него се използва една единствена камера и това е главната камера.<sup>13</sup> Тя осигурява достатъчно висока резолюция, за да може информацията от пасивните тракери да бъде прихваната от „**matchmoving**” софтуери от типа на FP Track, Voujou, SynthEyes и други. Голямото предимство на тази технология е простотата, цената и ефективността.

### **1.6. Създаване на липсинг и лицева анимация чрез motion capture.**

Управлението на лицевата мускулатура при дигиталните персонажи е част от цялостното управление на тялото. В този смъсъл скелетната структура и лицевата „механика“ са свързани като скачени съдове. Съществуват различни методи за прехвърляне на поведение. До навлизането на фотометрията и 3Д сканирането, най-прецизно средство за постигане на тази цел беше технологията – **дигитален грим**.

При другите оптични методи имаме определен брой пасивни или активни тракери, които могат да бъдат монтирани върху лицето на актьора, следвайки топологията му. Те трябва да отчетат промените и деформацията на лицевата мускулатура, когато тя отразява различни психологически състояния. При този вариант управлението на дигиталният персонаж също се извършва чрез кости, но тук имаме една особеност. На всеки тракер или маркер, трябва да съответства определен кокъл -joint.

### **1.7. Анимирание на дигитален персонаж.**

---

<sup>13</sup> History of Film and Motion Arts, <https://switcheswitches.wordpress.com/tag/imocap/> , Създадена 2012 г., прегледана на 12.10.2015г.



/от латински – *anomatia*, *-onis*’ съживяване; същство - по Универсален Енциклопедичен Справочник на „Свидас“ /

До скоро художниците аниматори са използвали паметта и огледалото пред себе си за да проиграват реакции, говор и действия, необходими за създаването на поведението на рисуваня герой. Сега, до голяма степен лицевата анимация се извършва в реално време със системи от типа на *Faceshift*, *MotionBuilder* и др. При движението на тялото, доминиращият метод е *motion capture* във всичките му разновидности. Съществуват продукции, най-вече късометражни, при които не е възможно използването на гореописаните средства, или умишлено се бяга от тях.

Но не винаги е възможно да използваме референтно човешко поведение за отправна точка при анимиране на дигитален персонаж.

А и не при всички персонажи е възможно използването на *motion capture* и *face tracking*. При анимиране на животни също може да възникне, подобна ситуация. В този смисъл изборът на подход се предопределя от жанра, сценария, визуалния стил и конкретните характеристики на персонажа.

В тази специфична категория влизат дигитални персонажи-типажи, при които във визуален план или се бяга от натурата посока условност и стилизация, или се гони „правдоподобност“ и убедителност. Най-често последните са обекти, които не бива да бъдат отделени по никакъв начин от натурата и действителността. Като например, динозаври, извънземни, опасни животни, или измислени същества с претенции за психологическа убедителност. В резултат, от едната страна имаме външна форма, а от другата - характер и поведение на героя в заобикалящата го среда. Когато имаме условен или стилизиран персонаж, обикновено абсолютното следване на натурното поведение на жив човек изсушава персонажа и създава бутафорно усещане. За да се избегне това въздействие се засилва експресивността в поведението. Така неминуемо се стига до принципите и похватите на рисуваната анимация, известна ни като класическа.

Но дори и при класическата анимация, създаването на поведение на персонаж се простира в много широки граници. Този диапазон се е формирал въз основа на разликите в концепциите на различните анимационни школи. Те варират от краен натурен реализъм, преминават през стилизация, условност, символизъм, и достигат до гротеска, заслена хиперболизация и експресивност в поведението. Най- силно разликите си проличават в емоционалните реакции, можем да ги видим в походката, мимиката и говора. По повод на темата „Естетиката на Анимационните техники“, Надежда Маринчевска казва: -“Анимационното кино не изпитва необходимост да се съобразява с реалността и често я представя като непълна, като показва само същественото.“, в книгата си „Квадрати на въображението“.<sup>14</sup>

Когато пристъпим към проектиране и създаване на персонаж от тази група, ние стъпваме върху сценария. Необходимо е да си изясним , неговия характер, физиология, начин на говор, ограничения в спецификата на поведението му и история. Например, може ли да извършва определени движения и до колко. Каква е неговата скорост на реакция, темпоритъм и с какви възможности можем да натоварим пластиката на лицето му. Предварително трябва да изследваме детайлно сцените, в които той има участие и да акцентираме върху тези, които биха ни предоставили добра възможност за разгръщане на

---

<sup>14</sup> Маринчевска, Надежда. „Квадрати на въображението“, Естетика на анимационните техники, Изд. 2005г., стр.19

неговия характер. Много полезно за нас е референтното аудио записано от актьора, защото то изразява промените в амплитудата на характера, проявяващи се в хода на действието. Необходимо е да отчитаме разликите в крупностите на плановете, защото това предполага и степен на натовареност в мимиката и пластичното поведение на тялото. В пълна сила са валидни принципите и похватите, които се прилагат в рисуваната анимация. Те много добре са илюстрирани и описани в редица книги едни от които са *Cartoon Animation* и *“Advanced Animation”*, на Престън Блеър и в книгата *„Animation Survival Kit”* на Ричард Уилямс.

Преди да продължим нататък, тук е мястото да отворим една скоба, за да разгледаме основните принципи и правила на класическата анимация. Олие Джонстън и Франк Томас<sup>15</sup> ги описват в книгата си *„Disney Animation: The illusion of Life”*<sup>16</sup> В известна степен тези правила са валидни и за дигиталната анимация, използвана в игралното кино. Логиката при пресъздаването на движението при рисуваната анимация е, че човешкото око и съзнание попълват несъвършенството на движението.

Независимо дали създаваме сюрреалистична или хиперреалистична анимация, дребните детайли, като мигането, трепването на мускули по лицето, промени в основата на носа и ъгълчетата на устата, указват моментното емоционалното състояние.

При мигането, скоростта на затваряне на окото е по-бавна скоростта при отварянето му.

Трябва да се стремим да създаваме, плавни, хармонични и нюансирани движения, както динамични и изразителни, така и второстепенни завършващи. За да избегнем претрупаност и случайност, е добре да преценяваме логиката на движенията. Ние трябва да знаем причината, която ги провокира. Основните принципи на биомеханиката са свързани с функцията и конструкцията на опорно-двигателната система. Те имат отношение към два аспекта - на движението /динамика/ и равновесието /статика/. За да имаме добро стъпване на фигурата е необходимо добро познаване на анатомията, защото всяко едно движение е предпоставка за следващото. Не случайно тези принципи са застъпени в бойните изкуства и спорта.

След приключване на работа ни по анимацията и липсинга, нашата следваща цел е да редактираме всички сплайнове на анимацията. Трябва да премахнем резките преходи и да заглаждаме и изчистваме линиите. Този процес се нарича **Spline and polish**. Повтаряме го при всяка от трите оси-X,Y,Z. За да постигнем по-добро заглаждане, ние можем ръчно да добавим върху кривите допълнителни ключове.

Има и един друг метод за създаване на липсинх в **MotionBuilder** /от *Lip Synchronization of Speech*, в практиката се е наложило жаргонното ми наименование: „липсинг“/. Това е изцяло автоматизиран процес, при които софтуера разпознава ритмограмата на аудиофайла, чете всеки звук и го предава за изпълнение към дигиталният персонаж. Инструментът, който се използва се нарича **Voice device**.

### 1.8. Осветление, рендериране и постпродукция

Финалният процес в работата на CGI е процесът на рендериране след постпродукцията. Той е последната работна фаза при създаване на завършения кадър преди да бъде . Независимо колко рендер

---

<sup>15</sup> <http://www.cgmeetup.net/home/12-principles-of-animation-by-frank-thomas-and-ollie-johnston/>

Rink

<sup>16</sup> Johnston, Ollie. Thomas, Frank. The illusion of Life, 3. The Principles of Animation

пасове сме създали за една сцена или обект, винаги производствения процес налага един финален рендер. Той се извършва при пост продукцията, но може и да е в тримерния софтуер. Всичко зависи какво ще рендерираме и какви характеристики ще са ни необходими. Въз основа на тях ние преценяваме какъв вид рендер ще използваме.

Персонажите се импортират със заключени контролери и фиксирани атрибути. В сцената с декорите се импортират персонажите и се преоразмеряват. Проблем би възникнал, ако скининга не е добър. В такива случаи има проблеми с типажите, защото се разпадат. Ремащабирането на модела трябва да е пропорционално със скелета му. Сглобената сцена се експортира за *Katana*. Там се създава осветлението и материалите. Работният формат за текстурите е стандартния EXR. След създаването на осветлението и материалите в *Katana*, от там се стартира Renderman. **The Foundry Katana** осигурява възможности за създаване на фотореалистично дигитално осветление. Мултиканалният *render pass*, осигурява всички необходими слоеве на изображението, допълвайки неговите материални характеристики. *Diffusion pass*, *ZBufer pass*, *Reflection-refraction pass*, *normal pass* и други са неговите съставни части и могат да бъдат събрани в един единствен EXR файл. Без да се налага, създаването на голям брой отделни секвенции. В организационен план, а също и в пост продукцията този подход създава голямо улеснение. Пести се време и дисково пространство.<sup>17</sup>

Възможностите на дигиталното осветление ни позволяват да създаваме трудно осъществими в реалността оптични ефекти. Можем да създаваме сложни режими и да комбинираме различни видове осветление, които в реалността не бихме могли да съчетаем лесно. Светлината може да преминава през стени и обекти, без да оставя сянка или да създава светлинен лъч в пространството. Сред предимствата е и възможността, да контролираме интензитета на сенките и осветените зони вторично в постпродукцията. Шейдъри също могат да бъдат използвани като светлоизточници. Когато бъдат текстурирани с тях елементи се превръщат в лампи. Пример за това са светлините по костюмите в „Трон“.

Психологията на цвета се използва като драматургичен маркер за средата и героите. Промяната на цвета, може да се асоциира със надвиснала заплаха, гибел и запустяване, разрушение или пренасяне в друго време. При типажите цветът изолира субекта от средата и го типизира в определена посока. В един случай може да въздейства като предупредителната окраска, а в друг да се слива със средата или дори да бъде част от нея. Не е необходимо осветлението в сцената да бъде фотореалистично, важното условие е то да въздейства като такова и да е логично. Крайната цел, е то да изгражда рисунька на обемите и дълбочината в пространството. Едно от достиженията на дигиталното осветление са светещите газове и огньовете Създателите на Рендерман са създали удивителен резултат. Докато другите разчитат на *Glow* и *ambient light* свързана с емитера, тук всяка една частица е светлинен източник, а плътността на облака определя интензитета. Специалните ефекти намират все по-голямо приложение в документалното кино. Степента на реализъм варира от схематизъм до висока степен на реализъм, а по някога ги виждаме и в комбинация. като Условността е за предпочитане пред бутафорното усещане. Тя не дразни, въпреки че е заявка за някаква форма на документализъм. Психологията на цвета се използва като драматургичен

---

<sup>17</sup> Blackmagicdesign, Fusion8 Beta reference manual, August 2015 Edition

маркер за средата и героите. Промяната на цвета, може да се асоциира със надвиснала заплаха, гибел и запустяване, разрушение или пренасяне в друго време. При типажите цветът изолира субекта от средата и го типизира в определена посока. В един случай може да въздейства като предупредителната окраска, а в друг да се слива със средата или дори да бъде част от нея. Не е необходимо осветлението в сцената да бъде фотореалистично, важното условие е то да въздейства като такова и да е логично. Крайната цел, е то да изгражда рисуњка на обемите и дълбочината в пространството. Едно от достиженията на дигиталното осветление са светещите газове и огньове Създателите на Рендерман са създали удивителен резултат. Докато другите разчитат на Glow и ambient light свързана с емитера, тук всяка една частица е светлинен източник, а плътността на облака определя интезитета.

## **ЗАКЛЮЧЕНИЕ И ИЗВОДИ**

Развитието на кино технологиите доказва, че дигиталните персонажи могат да присъстват в кино разказа, като главни герои, спомагателни лица или като епизодици от масовката. Те могат да бъдат съвършено човешко копие, страдащо от раздвоение на личността и преминаващо през различни трансформации. Могат да бъдат и абстрактни или сюрреалистични образи, излезнали от салоните за модерна скулптура или бианалетата на печатната графика. Но провокацията не касае само формата, тя се пренася и в поведението на типажите и вътрешния конфликт. Като например за сложна психологическа трансформация може да послужи главният герой от: „Странният случай с доктор Джекил и мистър Хайд“. Виждаме как от безличен и незабележим човек той се превръща в чудовище с демонична сила. Или съвременната негова екранизирана версия в супергероя – „Хълк“от 2003г.

Друг интересен пример за трансформация на герой е образът създаден от Брад Пит във филма „Странният случай с Бенджамин Бътън“-2008г. За да бъде състарено лицето на актора е създадено негово дигитално копие чрез 3D скан. След това са внесени възрастови изменения в анатомията на черепа и меката тъкан, но са запазени отличителните белези на характера. За постигане на максимална идентичност, всяко едно микро движение на лицевата мускулатура на Брад Пит е пренесено върху тримерният му еквивалент, чрез метода „дигитален грим“. Резултата е показателен сам за себе си. Много от филмовите типажидват от комиксите. И често историите от комиксите стават провокация за създаване на киноразказ. Можем да видим как тези рисувани истории се трансформират в сториборд. В Sin city (Град на греха) 2005г. виждаме как визуалната стилистика, подчинена на графичния контраст и стилизацията на формите се пренасят от комикса към игралното кино. Метафората на плакатното въздействие, постигнато с черно бялото, създават една ярка сюрреалистична атмосфера във филма. Когато влиза цвета, той е интензивен и носи символиката в себе си. Той е акцент със заявка за страст и смърт, болка, риск и очарование.

Ръстът и формата при персонажите много често се използват като похват за създаване на хибридни субекти. Те могат да са стилизирани животни но с антропоморфни качества, като Стюарт Литъл например.

Според класификацията на Юнг, този вид типаж може да бъде отъждествен с архитипът на детето. Стюарт Литъл е най-малкият член на семейството (друг архитип). Той носи и външните и вътрешните характеристики на „животното“, с характерната си непренуденост и простодушие.

Комбинацията между миловидността на детето и образът животното го правят уязвим и симпатичен герой за зрителите. Лесно можем да разпознаем и архитипите на „мошеника“ в „Маската“, супер героя в „Призрачен ездач“ и образа на „Мъдреца“-Йода от Междувезни войни. При някои персонажи имаме процес на интеграция и дезинтеграция. Тяхната трансформация може да бъде възможност за създаване на паралелен разказ. Други са съвкупност от множество образи и характери.

Силата на изобразителните средства на киното, описани от Рудолф Арнхайм в още по-голяма степен се проявяват чрез възможностите на дигиталните технологии. Свидетелство в подкрепа на този потенциал са различните примери и развитието на хибридните изобразителни форми.

Сред класическите примери е мащабният ефект, който се постига чрез уголемяване и смалвяване. Виждаме го във филма „Алиса в страната на чудесата“. Там той се прилага в две посоки. Алиса веднъж е в ролята на великан, а в друг момент е джудже, попаднало сред великани. Промените на формата се отразяват и в психологическите характеристики на образа. Мерило за мащаба е човешкото същество, независимо от факта, че в случая Алиса е дете. Причината е във формирането на нашето възприятие. Психолозите описват явлението като „непроменливост на големината“ и „непроменливост на формата“.<sup>18</sup>

Ако приемем тезата, че киното е движение, то динамиката в кадъра, която може да бъде постигната чрез поведението на виртуалната камера може да засили ефекта на линейната перспектива. От друга страна възможностите за намиране на различни гледни точки в пространството помага за засилването на ефекта на ракурса, там където е необходимо. Много по-лесно е да се създаде динамичен преход от следене на обект, който се движи по сложна траектория към обратен кадър. Виртуалната камера практически има пълна свобода. Не е необходимо да сменяме оптиката, а и осветлението също може да се движи, синхронизира с общото движение на обектите и да сменя плавно цветната си температура и интензитет. В реалността тези преходи стават трудно, защото изискват сложна организация, скъпо оборудване, точна планировка и много проби.

Не винаги е необходимо да се използват дигитални методи и средства, но когато това се налага, те могат да допринесат за постигането на чудесни резултати. Те не са панацея, но са средство за постигане на естетически стойности, там където другите методи са неефективни. Ако бъдат използвани премерено и с усет за постигане на художествени стойности, те ще подпомогнат драматургичното изграждане на разказа. Развитието на визуалният език преминава през различни етапи от общото художествено развитие на визуалните изкуства. Можем да проследим стилистичната еволюция на визуалното мислене, като разгледаме един пример – триножника робот-кораб на нашествениците от романа на Хърбърт Уелс „Война на световите“. Интересен е и един друг образ, съществува робот-пазител. То е дошло от друга планета заедно с посланика на извънземните, за да го предпази и унищожи земните жители. „Денят, в който земята спря“- 1951г и от 2008 г. То е символ на Ангелът погубител. Този тип кино образи не се отъждествяват с човека, те не се променят и са лишени от емоция. До някъде можем да приемем, че те са аналогични на екшън героите. Екшън героят преминава през ситуациите като

---

<sup>18</sup> Арнхайм, Рудолф. Киното като изкуство, Студии и статии, Издателство „Наука и изкуство“, издадена 1989г. Стр.35

слон през стъкларски магазин, без да претърпява вътрешна трансформация.<sup>19</sup> Той не губи устрема си и е такъв, защото е решил да бъде такъв. Неговата енергия променя другите. За едни е очакван спасител, а за други унищожител. В хода на действието единственното, което се променя в него е нарастването на вътрешната му енергия и сила. Колкото по-опасна става ситуацията, толкова по-силна е неговата мотивация и енергия. Като например можем да вземем образа на Бъч от „Хищникът“, изигран от Арнолд Шварцнегер и дигиталният му аналог от „Трансформърс“

При Кинг Конг, случаят е по-различен, там е представен друг вид драматургичен образ /типаж/. Този на „благородният дивак“. Васил Гарнизов много добре го илюстрира чрез примера с историята на взаимоотношенията между Робин Зон Курзо и дивака Петкан. Дивото и жестокото се трансформират в следствие на културно влияние в човешка емоционалност, привързаност и грижа. Лошият е опитомен, защото притежава вътрешна чистота. Той достига до най-високата си морална точка на нравствено израстване, чрез саможертвата.

Ако погледнем в художествено-технически план, защото двете са взаимосвързани, можем да проследим промяната на визуалния език в различните версии на филма. Ако изключим формата и се концентрираме в поведението на героите и камерата. Ние ще усетим скока на разтежа. При първата версия на Кинг Конг, той е стъпил здраво върху покрива на небостъргача, а самолетите създават диагоналите в композицията. Те са в положение на ракурс, а камерата е стабилизирана спрямо хоризонта. В примера взет от последната екранизация, излезнала през 2005 година. Ние усещаме динамиката и живота на образа, той ни ангажира емоционално. Страхуваме се за него да не падне, донякъде поради ефекта на „холандският ъгъл“. Динамиката идваща от бързата смяна на ракурса въздейства много по-силно от статиката. Камерата е динамична, гигантската горила като че ли всеки момент може да падне, а единствената зрителна опора за окото ни са крилата на профучаващите биплани. Камерата ги следва и те стават хоризонта за нас, а всичко друго като че ли се движи. Попаднало във водовъртеж.

Въз основа на изследванията и проучванията, които направих достигнах до следните заключения:

Бъдещето на дигиталните технологии в CGI е в хибридните методи. Тоест, прилагане и смесване на технологии от различни, често противоположни области. Пример за това са Lidar системите. Можем да ги ползваме както за документално регистриране на среда и персонажи, така и на поведението им.

Същото е валидно и за развитието на дигиталния персонаж в художествен план, но с едно уточнение. Формата и характерът винаги ще се определят от драматургичните изисквания. Но все пак за един дигитален персонаж, не е толкова важно как изглежда и от какво е направен. Важното е, как се движи и какво поведение притежава. Защото емоционалната ангажираност към даден образ е пряко свързана с неговото поведение. Това е неговата –„АНИМА“(душа). Можем да постигнем максимално реалистично поведение, което да носи очарования и грация на една метална верига и тя да ни стане симпатична. Да придобие живот и обратното. Фотореалистичен персонаж, с красива форма, детайлно

---

<sup>19</sup> *Митта, Александър*. „Киното между ада и рая“, издание от 1999г.

разработен с перфектно техническо изпълнение и въпреки това, да бъде блудкав като въздействие. За мен както фотреалистичните, така и хибридният форми имат бъдеще. Те са като контрапункт на действителността и имат знакова и метафорична сила. Драматургията не би се отказала от тях, още повече, че те доказаха своето право на живот. Просто са друг вид изобразителен метод, като абстрактното изкуство, кубизма, импресионизма и минимализма. Виждаме как в художествен план игралното кино започва да се доближава до анимационното, а анимационното все по силно се повлиява от игралното. От друга страна интересно развитие се наблюдава и във визията при игрите. Все повече се залага на реализма във визията и поведението на персонажите. Те все повече се доближават до киното. Действието и ситуациите се подчиняват на драматургията, появяват се персонажи, макар и условни. Вероятно някъде напред във времето, киното и игрите ще намерят своята пресечна точка. Вече има предпоставки за това.

Търсенето на зрелищност и експресивност в киното ще повлияе и операторската работа. До съвсем скоро дроновете се управляваха от двама души- пилот на дрона и оператор за гимбъла и камерата. В момента се използват иновативни виртуални приложения, чрез които можем да създадем анимация за камерата и дрона, който я носи в софтуерна среда. Движението на дрона ще е съобразено с релефа и особеностите на терена. Той може да се синхронизира да следва актьорите в сцената. Когато някои от тях спре и той да спре, да се премине на ръчен режим и после когато актьорът тръгне да избере друг таргет и дрона да започне да следва него.

Движенията на камерата стават много по-сложни, плавни и предвидими. Можем да контролираме целия процес в реално време или предварително да създадем поведение, по аналогия на роботизираните кранови мултисистеми.

Бъдещето развитие на операторската работа включва и развитието на „безкамерното снимане“. При този метод се използва обемно заснемане на средата и персонажите. И пак е свързано с Lidar технологиите и приемния софтуер. При този метод на снимане камерата може да бъде поставена абсолютно навсякъде. Тя може да бъде прикачена и към обекти които се движат чрез parent constraint. И сега се използва виртуална камера, но тя е по скоро симулация на такава, защото се трасира като обект чрез оптичен motion capture. Когато е софтуерна, ние можем да редактираме нейното движение и да променяме темпоритъма, ракурса, преходите в оптиката. Другото е регистрация на реално поведение и подлежи на почистване, но не и на пълно редактиране. Освен ако цялата сцена с обектите и персонажите е виртуална.

Колкото повече се развиват възможностите за хиперреалистичното пресъздаване на реалността, толкова по-привлекателна е провокацията за търсене в противоположната посока. Условността на формата винаги е била много по-красноречива от натурата. Защото в нея има загадка, риск и чар. Това е част от играта. Винаги в основата има една силна идея, около която се изгражда разказ или образ. Трансформацията на натурата може би е най-интересният компонент във визуалния разказ. Там е провокацията на въображението, защото съдържа в себе си елемента на изненадата.

Независимо от възхода и развитието на технологиите, достигайки до степен на съвършенство при улавянето на микромимиката или пресъздавайки най-детайлно форми от микроструктурата, истинският жив актьор и натурата няма да престанат да очароват и присъстват в кино разказа.

Но постиженията в дигиталните технологии имат и своята обратна страна. Ние виждаме как заедно с възможностите за постигане на висока резолюция и фотореализъм, се сблъскваме и с предизвикателството, как да се справим с огромните масиви информация. Хибридните методи изискват междинна обработка и управление на тежки масиви. Това означава планиране и контрол на огромен ресурс и поддържане на стройна система и организация на работата. Един пример добре илюстрира ситуацията. С медицински КТ скенер, можем да сканираме за 30 секунди в дълбочина човешко тяло, с изключително високо ниво на детайл - органи, мускули, кости, съдове, тъкани и пори по кожата. Полученият тримерен файл е с големина малко над 1ТВ. Ако трябва да бъде създаден такъв модел с конвенционални средства, лесно можем да си представим какъв ще бъде пътят и резултатът.

Едно е сигурно за бъдещето на хората занимаващи се със CGI. Те винаги ще бъдат изправени пред рискови задачи, за които нямат подготовка и отговори. Тяхната работа е колкото художествена, толкова и изследователска. Тя налага комбинативно мислене и познания от много области. Направо мога да кажа, че тя е авантюристична, защото никой не знае как ще се справи със задачата. Това признание прави и Тед Улбрих за работата си по създаването на дигиталния персонаж – Бенджамин. Осемнайсет минути анимация са коствали повече от две години работа на екип от 155 специалисти. Неусетно се затвърждава една констатация, че обвързаността между технологичната и художествената страна в CGI става все по-силна.

Във визуален план бъдещето е в хибридните решения.

## **НАУЧНИ ПРИНОСИ ПО ГЛАВИ**

### **Приноси на глава първа:**

1. За първи път в България е изследвано комплексното развитие на компютърните технологии - хардуерни и софтуерни, свързани със създаването на персонажи и сценография в игралното кино. Прегледа е направен не само в исторически и технологичен план, но и във връзка с развитието на художествения образ, като елемент от кино разказа.
2. Въз основа на многообразието на дигиталните технологии е направен детайлен структурен анализ. Изследвани са способностите им те да взаимодействат и да бъдат комбинирани с други методи от различни области.
3. Извършена е събирателска дейност свързана с на различните методи за улавяне на движение-аналогови и цифрови. Проследен е пътят им на развитие и са оценени техните предимства и



недостатъци, както и ролята им във филмовата история, като средство за анимиране и предаване на поведение от актьор към дигитален персонаж.

4. Изседвани са различни иновации и авангардни методи в областта дигиталните технологии за **motion capture** и **face capture**. Какви възможности предоставят те за постигане на определени цели и задачи.

#### **Приноси на глава втора:**

1. Систематизиране и анализ на различни методи за mate painting, класически(аналогови)и дигитални, в художествен и технологичен план.
2. Разгледани са примери за прилагане на иновативни методи за дигитална реконструкция и теренни изследвания, свързани със създаването на дигитална сценография и персонажи за музикални клипове и концептуални късометражни филмови пректи.
3. Създаване и описание на собствени практически разработки свързани с нови методи за дигитално изграждане и 3D реконструкция на дигитални сцени за филмови проекти и телевизионни опаковки.
4. Разрабока на дигитален метод за обемно безкамерно заснемане на сцена с участието на група актьори заедно със среда в която се намират.
5. Разработка на иновативен безмаркерен motion capture метод за тотално дигитализиране включващо не само движението но и физиологията на заснетия обект-жив човек, точност или рушащ се обект.
6. Изследване на взаимодействието между различни софтуерни приложения създадени за различни области чрез анализ и прилагането им при създаването на практическа разработка.

#### **Приноси на глава трета:**

1. Изведено е систематизирано технологично предписание, за организацията на работния процес в структурите на CGI, при мащабно и фрагментирано производство.
2. Разглеждане на видовете технологии и методи за създаване на дигитален персонаж в качеството им на художествен инструмент.
3. Анализ и класификация на конвенционални и неконвенционални методи и техники за дигитално формообразуване и приложението им в практиката.

## БИБЛИОГРАФИЯ С НОМЕРАЦИЯ ПОД ЧЕРТА

- 1.<sup>1</sup> *Ascher, Steven. Pincus, Edward.* The Filmmaker's Handbook: A Comprehensive Guide for the Digital Age, - 2013 Edition *Rabinger, Michael. Hurbis-Cherrier., Mick,* Directing: Film Techniques & Aesthetics, Fifth Edition, 2013
- 2.<sup>2</sup> *Sutherland, Ivan.* Oral history interview with Ivan Sutherland, Създадена 2014, прегледана на 23.08, 2015, <http://conservancy.umn.edu/handle/11299//107642>
- 3.<sup>3</sup> *Chasen, S. Dow, J.,* Публикувана Април 1983, Guide for the Evaluation and Implementation of Cad-Cam Systems 2nd Edition, ISBN-13: 978-0938800019 ISBN-10: 0938800019
- 4.<sup>4</sup> Alias About As, Alias Systems Corp., Създаден 2000-2004 , Прочетен 02.02.2013 <http://web.archive.org/web/20040622205615/http://www.aliaswavefront.com/eng/about/history/index.shtml>
- 5.<sup>5</sup> *Frei, Vincent.* DAWN OF THE PLANET OF THE APES: Daniel Barrett – Animation Supervisor – Weta Digital The Art of VFX – 2014 <http://www.artofvfx.com/dawn-of-the-planet-of-the-apes-daniel-barrett-animation-supervisor-weta-digital/>, Създадена 06, 08, 2014г., Прегледана на ,02,01.2015г.
- 6.<sup>6</sup> *Seymour, Mike.* SBS, The Curious Case of Aging Visual Effects, Създадена на 01,01, 2009, прочетена на 2.11.2014г. [http://www.fxguide.com/featured/the\\_curious\\_case\\_of\\_aging\\_visual\\_effects/?ua=ipad](http://www.fxguide.com/featured/the_curious_case_of_aging_visual_effects/?ua=ipad)
- Stranahan, Lee.* WATCH: The Amazing (Oscar Nominated) Effects Of Benjamin Button, Публикувана 02,07,2009, прочетена на 02.11.2014г. [http://www.huffingtonpost.com/lee-stranahan/watch-the-amazing-effects\\_b\\_158834.html](http://www.huffingtonpost.com/lee-stranahan/watch-the-amazing-effects_b_158834.html)
- 7.<sup>7</sup> <http://cyberware.com/products/scanners/wbx.html>, Създадена 1999 г., прочетена на 15.09. 2014г.
- 8.<sup>8</sup> ShapeQuest Inc. Създадена 1999-2014, прочетена на 22.09.2014, [http://www.shapecapture.com/Soft\\_Sales.htm](http://www.shapecapture.com/Soft_Sales.htm)
- 9.<sup>9</sup> <https://renderman.pixar.com/resources/current/RenderMan/risDevGuide.html>
- 10.<sup>10</sup> *Scherer, Manuel.* ZBrush 4, Sculpting for games, Beginner's Guide -2011
- 11.<sup>11</sup> *Nylander, Paul.* Hypercomplex Fractals, Създадена 2009г., прочетена на 12.02.2014г., <http://www.bugman123.com/Hypercomplex/index.html>
- Mandelbrot, Benoit.* Father of Fractal Geometry, Създадена на 12.11.2012 г., прочетена на 12.02.1214г. <http://mandelbulb.com/category/introduction/>
- 12.<sup>12</sup> *Азимов, Айзък.* Хоро(Runaround), печатно издание от 1964г.
- 13.<sup>13</sup> History of Film and Motion Arts, <https://switcheswitches.wordpress.com/tag/imocap/> , Създадена 2012 г., прегледана на 12.10.2015г.
- 14.<sup>14</sup> *Маринчевска, Надежда.* „Квадрати на въображението“, Естетика на анимационните техники, Изд. 2005г., стр.19
- 15.<sup>15</sup> <http://www.cgmeetup.net/home/12-principles-of-animation-by-frank-thomas-and-ollie-johnston/Rink>
- 16.<sup>16</sup> *Johnston, Ollie. Thomas, Frank.* The illusion of ILife, 3.The Principles of Animation
- 17.<sup>17</sup> Blackmagicdesign, Fusion8 Beta reference manual, August 2015 Edition
- 18.<sup>18</sup> *Арнхайм, Рудолф.* Киното като изкуство, Студии и статии, Издателство „Наука и изкуство“, издадена 1989г. Стр.35