

...и не только. Вспомните, как в 1917 году, когда в России началась революция, многие люди, которые были раньше врагами, стали друзьями. И наоборот, некоторые друзья стали врагами. Но в то время это было не так уж и странно. Тогда люди были готовы к переменам. А теперь? Теперь люди стали более осторожными. Они боятся перемен. Они боятся, что если что-то изменится, то они потеряют то, что у них есть. И это не только в политике, но и в жизни вообще. Люди боятся, что если что-то изменится, то они потеряют свое место, свое положение, свое будущее. И это не только в политике, но и в жизни вообще. Люди боятся, что если что-то изменится, то они потеряют свое место, свое положение, свое будущее.

ПОСЛЕДСТВИЯ РЕВОЛЮЦИИ

...и не только. Вспомните, как в 1917 году, когда в России началась революция, многие люди, которые были раньше врагами, стали друзьями. И наоборот, некоторые друзья стали врагами. Но в то время это было не так уж и странно. Тогда люди были готовы к переменам. А теперь? Теперь люди стали более осторожными. Они боятся перемен. Они боятся, что если что-то изменится, то они потеряют то, что у них есть. И это не только в политике, но и в жизни вообще. Люди боятся, что если что-то изменится, то они потеряют свое место, свое положение, свое будущее. И это не только в политике, но и в жизни вообще. Люди боятся, что если что-то изменится, то они потеряют свое место, свое положение, свое будущее.

I. Дигитальная (цифровая) революция в сфере образа

Сколь колоссальными и судьбоносными бы ни были изменения, которые возвещает внедрение цифрового образа для восприятия образа человеком (а это, вероятно, важнейшее событие с тех пор, как появились сами картины), эти изменения все-таки подготовлены в истории живописи.

Если мы предположим, что главное различие между традиционной и цифровой картиной состоит в том, что классические изображения имели аналоговую природу, т. е. в них были задействованы принципы подобия, совпадения и непрерывности, а электронное отображение обладает как раз цифровой природой, т. е. работает с мельчайшими, дискретными, не гомологичными элементами, то ясно, что за исходную точку наших рассуждений мы примем именно те художественные движения, которые знаменовали собой разрыв с классическим восприятием образа – от возникновения абстракционизма в начале века до акционизма.

Дигитальное (цифровое) искусство

Однако при этом различии, которое уже само по себе благодаря понятию «дигитальное искусство» диалектически наводит на мысль о понятии «аналоговое искусство», под которым по определению может иметься в виду не что иное, как существовавшее до сих пор классическое искусство, мы должны обратить внимание на некоторые философские нестыковки, например, на то, что в дигитальном искусстве, конечно, есть аналоговые элементы, а в аналоговом искусстве – элементы дигитальные; ведь, в конечном итоге, всякий непрерывный аналоговый процесс является разложимым на мельчайшие дискретные элементы, так что через диск-

ретные точки можно провести непрерывную линию, причем расстояние между соседними точками настолько мало, что оно почти невидимо для глаза, так что возникает иллюзия непрерывной линии, однако с нумерической точки зрения оно все-таки имеется, и его можно изобразить. И как раз это делает дигитальное искусство: изображает аналоговые природные процессы в цифровом виде, т. е. производит аналоговые образы из цифр. Ведь компьютер на присоединенном к нему экране может произвести линию как раз из точек, соответствующих некоему числу. При этом экран служит своего рода числовым полем, где каждое число, которое может состоять из одной цифры (= *digit*, англ.), пары цифр либо последовательности цифр (как, например, 00101), соответствует некоей точке. Представление чисел при этом происходит, как правило, посредством двух цифр (0, 1), так называемые бинарные (двоичные) цифры, поскольку при помощи электричества числа можно представить только так: импульс тока – 1, а отсутствие тока – 0. Следовательно, дигитальное и двоичное представление сопряжены между собой. Ведь компьютер вычисляет лишь те числовые последовательности, каковые являются точечными, т. е. способствуют изображению линии на присоединенном экране. Разумеется, это возможно лишь тогда, когда разрешимость экрана столь велика, что я сам могу выбирать столь малые расстояния между точками и сами точки, что они исчезают для глаза, но все-таки присутствуют в числовом выражении.

Ради прояснения вопроса я повторяю, или прибегаю к детализации. Если экран обладает малой “resolution” (разрешимостью), то это означает, что он представляет собой числовое поле с малым количеством чисел. Однако чтобы небольшое количество точек (= чисел) могло заполнить поле, они должны быть – соответствующим образом – велики, так как ясно, что я могу заполнить то же самое поле точками меньшего размера, соответствующими числам, лишь тогда, когда этих точек будет больше. Однако 8 больших точек, которые распределены и между собой, и линейно на поверхности экрана, ни в коем случае не выглядят подобно линии: ведь для представления линии мне необходимо много малых точек, так много и таких малых, что они как раз производят впечатление непрерывной линии. Экран размером с наш телевизионный, имеющий около 600 строк, а в каждой – по 800 точек (пунктов), таким образом, является числовым полем из 480 000 точек (пунктов).

Теперь мы хорошо можем представить себе, сколь малы должны быть эти 480 000 пунктов при малости нашего телеэкрана, чтобы дать место этим точкам, и как легко при этом вызвать иллюзию линии. Поскольку эти точки могут быть также и разноцветными, то возможно изображать не только формы, но и цветные плоскости, так что эти цветные формы, изменяясь или двигаясь с соответствующей скоростью, а именно 30 раз в секунду, могут дать иллюзию движения и реальности (верность передачи). Чем большее количество точек (пунктов) или чисел имеется в распоряжении для производства образа, тем большей будет верность передачи и с тем большим успехом я смогу вызвать иллюзию реальности, тем реалистичнее будет изображение. Итак, стремление к большей разрешимости (напр., 1000 строк) соответствует стремлению к большему визуальному реализму.

Если теперь вы представите себе, что это множество чисел или точек не активируется простой разверткой (сканированием) образа при помощи луча, как это бывает в телевидении, а вводится в компьютер для вычисления, то можно вообразить, сколь значительное количество счетных операций и алгоритмов (команды, пошаговым способом определяющие, что необходимо делать) требуется для того, чтобы из избранных десятков тысяч точек создать линию человеческого профиля на экране монитора. В подобном случае нет ни образов, ни реалий, которые могли бы служить моделями, но имеются лишь числа и вычислительные операции, каковые впоследствии предстают на экране монитора в виде форм. Это называется искусственным формированием изображения*, синтетического изображения с помощью компьютера. Цифровые образы – это искусственно формируемые образы, основой которых служит число. Если же мы подумаем о том, что числа соответствуют не только точкам, но и их цвету и интенсивности, что означает, что для получения обычного цветного изображения на экране компьютера приходится иметь дело с миллионами чисел, какие компьютер должен обрабатывать и для которых программисты должны придумать алгоритм (последовательность пошаговых команд), то можно представить себе, как много вычислительной работы необходимо уже для производства одного-единственного неподвижного цифрового образа.

* [см. Словарь по программированию, М., 1991, С. 141 (Здесь и далее в квадратных скобках – примечания переводчика)]

Если же эти образы должны еще двигаться естественным способом, т. е. весь образ должен изменяться 30 раз в секунду, то, конечно, количество вычислительных операций становится чрезвычайно большим, и это требует значительной скорости и сложности для вычислительной мощности компьютера. Если же мы еще немного напряжем воображение, то у нас возникнет надежда, что проведенная джойстиком на планшете черта появится на экране монитора не после продолжительных операций вычисления (что сравнимо с пианистом, который ударяет пальцами по клавишам – но соответствующие звуки возникают лишь по прошествии часов), но одновременно с движением джойстика по планшету, т. е. как бы в реальном времени; таким образом, фортепьяно представляет собой прибор, работающий в режиме реального времени. Колоссальное количество вычислений, которые компьютер должен быть способным осуществлять в секунду, разумеется, под силу только суперкомпьютерам. Потому-то движение и форма фигур на экранах видеоигр столь неуклюжи и угловаты, а уровень иллюзии движения и точности репрезентации низок: ведь вычислительные процедуры высокого уровня не могут выполняться в микрочипах. То же самое, конечно, относится и к персональным компьютерам.

В сфере движущихся цифровых образов, цифровой компьютерной анимации существует потребность не только в мониторах с непрерывно растущей разрешимостью, но и в суперкомпьютерах все большего размера, работающих со все более высокой скоростью, так как только эти компьютеры могут выполнять колоссальное количество вычислительных операций, необходимых для того, чтобы формы, цвет и движения, созданные компьютером цифровым (дигитальным) способом, выглядели на экране монитора или (будучи перенесены лазером) на пленке так, чтобы это производило впечатление реальности. Если бы мы могли купить самый быстродействующий в мире компьютер, то мы подошли бы все ближе к цели: создавать с помощью колоссального количества вычислительных операций – метафорически говоря – цветные движущиеся формы, соответствующие естественным предметам в реальном мире, что означает не только обработку гигантского количества данных, касающихся положения, интенсивности, цвета и т. д. сотен тысяч точек, но и осуществление вычислительных операций, необходимых для контроля над этими

данными (=для их формирования), что тоже может быть проведено (ввод и представление данных) только при числовой кодировке. Подобного рода дигитальным способом производимые образы при соответствующей оптимальной разрешимости и с помощью вычислительной мощности суперкомпьютеров могут непрерывно совершенствовать реалистическую симуляцию трехмерных объектов и событий. Так, фирма Digital Productions в Лос-Анджелесе имеет один из самых быстродействующих компьютеров в мире, Cray-1; их насчитывается всего около 25 экземпляров, и они работают как раз для этой цели 24 часа в сутки. Цифровое изображение посредством «дигитальной симуляции сцены» (digital scene simulation), как называет фирма метод своей работы, имеющий целью в произведенных компьютером движущихся образах реалистически симулировать трехмерные объекты и события, достигло первой кульминации: “a film-design studio creates reality by computer” – такова конечная цель цифрового изображения. Так ли это?

Я бы сказал – в противоположность этому – что сущность цифрового изображения заключается в том, чтобы создавать нечто большее, нежели реальность, но это большее выглядит более реальным. Принцип (в смысле немецкой идеалистической онтологии) цифрового изображения состоит как раз в том, чтобы реалистически представлять нереальность с помощью компьютера. Нам не нужна движущаяся фотография, однако цифровой образ выводит нас за пределы фотографии, трансформирует отображение (реальности) в производство образа (новой реальности). Итак, цифровое изображение объединяет в себе возможности живописи (субъективность, свободу, нереальность) и фотографии (объективность, механику, реальность). Репродукция и фантазия, две взаимоисключающих сестры, объединяются в цифровом изображении. В будущем мы могли бы говорить и о цифровом фильме, или цифровом видео, так как цифровое изображение может реализоваться в любом медиуме. Цифровое изображение, позволяющее мне вмешиваться в любой участок поверхности картины, как это делает художник с холстом, оформлять любое место картины так, чтобы это соответствовало моему воображению, не только извращает искусство, работающее с помощью технических средств, от приносящей мучения и принуждающей механики, но и вооб-

* [киностудия создает реальность с помощью компьютера (англ.)]

ще освобождает наше образное мышление от многочисленных ограничений; тем самым цифровое изображение представляет собой первое реальное предчувствие «освобожденного образа» (как цифровой звук – «освобожденного звучания»), программа которого была инициирована на рубеже XIX-XX вв.

Освобожденный образ

Искусство XX века предприняло освобождение образа, разделяемое на две фазы. В первую половину века освобождение образа осуществлялось в футуризме, кубизме, кубофутуризме, супрематизме, дадаизме, сюрреализме и пр.; на второй фазе – в “action painting”, флюкcусе, хэппенинге, поп-арте, кинетизме, оп-арте, “ambiente”, “arte povera”, акционизме, перформансе и т. д. Моменты этого освобождения также относятся к характеристикам цифрового изображения. Упомяну лишь цветовые формы абстрактного искусства – вплоть до информального искусства, машинную иконографию дадаизма (от Хаусмана до Пикабиа), синтетические находки в сфере образа и трансформацию объекта в сюрреализме (от Дали до Магритта), интеракцию и участие зрителей в хэппенинге и т. д. В фильмах или видео с визуальной музыкой абстрактные цветные отпечатки появляются вновь, как и сюрреалистические коллажи, ибо цифровое изображение – это, кроме прочего, коллаж, развернутый во времени и на несколько пространственных слоев, который, будучи подобным музыке, покидает двухмерную поверхность ради четвертого измерения. Растровая техника (Лихтенштейн, Уолхол, Дитер Рот, Зигмар Польке и т. д.) также «по умолчанию» относится к условиям получения цифрового изображения; к ним относится и участие публики в видеоискусстве (от инсталляций до видеоигр).

Итак, многие из эстетических моментов предшествующих форм искусства образуют директивы для цифрового искусства, которое, однако, выходит за рамки этих форм. Примеры этого почти столь же многочисленны. Точечная (пунктирная) линия, характерная для некоторых рисунков от Матисса до Уорхола, теперь строится при помощи графопостроителя (чертежный прибор компьютера). От пуантилизма – через дивизионизм – вплоть до растровой техники существуют точечные техники, ставящие под сомнение живопись как аналоговое искусство. Синестетические

представления о тотальном произведении искусства, начиная с рубежа XIX-XX вв., уже сформулировали программу музыкального видео: "to make visible what is audible".

Фактическое развитие электрических и электронных форм искусства началось в середине 60-х лет XX века. С одной стороны, в области популярной музыки: световые шоу, проекции слайдов, диапозитивы, пульсирующие жидкие элементы, эксперименты с электрогитарой. С другой стороны, в авангарде: видеоискусство, которое могло опереться на великую традицию абстрактного кино, неоновые произведения, инсталляции и т. д. В сегодняшнем медиа-арте речь идет, прежде всего, о смешанных формах – в искусстве, как и в поп-культуре: как в блокбастерах Лукаса, так и в музыкальных видео Лори Андерсон в равной мере используются кино, видеотехника и цифровые технологии. Мы подошли вплотную к квантовому скачку, когда произведения, использующие цифровое изображение, становятся независимыми от других художественных форм, причем цифровое искусство становится автономным. Цифровой образ – образ освобожденный.

Дигитальная эстетика

Более всего заметное изменение визуального образа в том, что касается феноменологии его эстетики и его отношения к классическому аналоговому (вопреки всякой генеалогии), лучше всего иллюстрируется переходом от телеэкрана к экрану монитора. Если поверхность телеэкрана стала привычным источником изображения, то экран монитора оказывает отчуждающее и озадачивающее воздействие. И происходит это потому, что телевидение продолжает насаждать пассивное потребление общепринятого кода картины, тогда как компьютер требует интеракции с новыми пикториальными кодами. Трансформация телеэкрана в экран монитора через присоединенный к телевизору дисплей для видеоигр, которая превращает традиционный статичный образ в компьютер, означает и еще одно изменение: монитор внезапно принимает новую эстетику информации и коммуникации, эстетику искусственного.

Если особенность и преимущество дигитального искусства состоит в том, что оно идеально приспособлено к тому, чтобы

* [сделать видимым слышимое (англ.)]

дигитальным способом изображать аналоговые процессы в природе; если, следовательно, пикториальная техника соответствует изображенному при ее помощи предмету так, как это получается при дигитальной симуляции искусства (цифровая реалистичная симуляция трехмерных объектов и событий во времени), то существуют причины для догадки или же гипотезы о том, что все аналоговое можно, в конечном итоге, дигитализировать, т. е. что сам мир является дигитально организованным, а дигитальное искусство служит все более совершенным его выражением.

II. Интерактивная компьютерная графика

Можно сказать, что подлинное начало цифрового изображения совпадает с опубликованной в 1963 г. работой Айвена Э. Сазерленда¹, ученика пионеров, разработавших машины по обработке информации и изображений в Массачусетском Технологическом институте: Клода Э. Шеннона, Марвина Минского и Стивена Э. Кунса. Сегодня Сазерленд работает в университете штата Юта, в г. Солт-Лейк-Сити, одном из центров компьютерной анимации и производства цифровых (дигитальных) изображений в США. В его сегодня расцениваемой как уже классическая диссертации он показывает, как можно использовать компьютер для интерактивного представления линий с применением дисплея на базе катодно-лучевой трубки и нескольких вспомогательных устройств контроля ввода. Еще в начале пятидесятых годов подобные дисплеи подсоединяли к компьютеру для получения простых выводных дисплеев. Но лишь тогда, когда Сазерленд разработал систему представления изображений, которая сделала возможным человеко-машинную интеракцию, широкая публика обратила внимание на значительный потенциал компьютерной графики.

Реализация этого потенциала, однако, проходила медленно. На ее пути стояли три больших препятствия. Быстро обнаружили, что компьютерная графика – особенно интерактивная – ставит чрезвычайно высокие требования к компьютерам, в отношении как обработки данных, так и объема запоминающего устройства. В 60-е годы лишь минимальное количество университетов и исследовательских лабораторий нескольких крупных фирм могли оправдать высокий уровень расходов на исследования.

Вторым большим препятствием было недостаточное понимание требующихся для эффективной системы компьютерной графики тонкостей программного обеспечения для производства изображений. Вскоре поняли необходимость представлять данные в таком виде, чтобы они удовлетворяли зачастую трудно распознаваемым, но, очевидно, имеющимся отношениям, лежащим в основе двумерного изображения. На самом деле значительная часть теории структур данных восходит к ранним работам в области компьютерной графики. Были разработаны алгоритмы удаления невидимых линий, обработки полутонов и конверсии развертки, что, в общем, оказалось гораздо сложнее, чем предполагалось поначалу. Даже такая на первый взгляд простая задача, как вычерчивание отрезка прямой или окружности с помощью дигитально-ориентированного дисплея, как оказалось, потребовала весьма сложных алгоритмов.

Сканнер – это прибор, с помощью которого дигитализируются изображения; в принципе, он соответствует видеокамере. Дигитализацией в отношении сканнера называется разрешимость в точках, где измеряется информация о яркости или цветности. Это измеренное значение в дальнейшем обрабатывается в виде числа. Этот процесс преобразования называется конверсией развертки, постижением реального мира в данных, доступных для компьютерной обработки. При этом такие помехи, как перекося изображения, бессодержательная информация, легкая полутень, не имеющая значения для продукта и напоминающая отражение, могут устраняться. При некоторых обстоятельствах удастся сильно абстрагироваться от этого.

В природе, как правило, существуют лишь аналоговые процессы. Квантификация таких процессов – всегда своего рода дигитализация. Восприятие дневного света является континуальным, непрерывным. Термометр со ртутным столбом – аналоговый прибор (высота столба – нечто аналоговое), тогда как высказывание «Сейчас 27°C» является дигитальным. Рисование – тоже до известной степени аналоговый процесс. Дигитализация означает преобразование аналоговых процессов в мельчайшие дискретные единицы, каковые являются квантифицируемыми, т. е. представимыми посредством чисел (*digits* = цифры).

В компьютерной обработке изображений существует направление, исходящее из реальных предметов и использующее скан-

нер (специальный аналогово-цифровой конвертор). При этом изображение либо после своей дигитализации (при помощи сканнера) преобразуется в опять-таки аналоговое изображение на экране монитора, либо после дигитализации оно становится исходным пунктом для контроля, осуществляемого роботами, когда робот манипулирует определенными инструментами и предметами. Другое направление в компьютерной графике – формирование на цифровой основе (посредством чисел в запоминающем устройстве компьютера) изображения предметов, у которых нет соответствий в реальности, т. е. в создании которых не участвовал сканнер. Таково формирование цифровых изображений.

К счастью, как и в случаях со многими другими технологическими инновациями, время благоприятствовало компьютерной графике. С течением времени стоимость компьютерного оборудования снижалась, тогда как стоимость труда возрастала. Операционные системы непрерывно совершенствовались, а пользователи обучались работать со все более сложным программным обеспечением. Впечатляющие успехи были достигнуты в разработке алгоритмов для формирования изображения, особенно тех, что были предназначены для представления трехмерных объектов. Этого, хотя и растянувшегося на долгие годы, прогресса оказалось достаточно, чтобы сегодня, в начале восьмидесятых годов, наконец, внедрить компьютерную графику, как эффективное и дешевое изобразительное средство, в технику, дизайн, промышленность, рекламную индустрию и изобразительное искусство.

Компьютерная графика возникла из технологии аппаратных средств и технологии программного обеспечения. Как и при обычных числовых расчетах, можно работать в интерактивном режиме и в режиме пакетной обработки данных. Пакетная обработка данных – это фиксированный, имеющий заранее отчетливо установленные параметры, уже не управляемый и не контролируемый, «пассивный» режим, при котором скорость в момент формирования изображений имеет второстепенное значение. Этот режим сравним с работой перфокарт или с отправлением посылок. Изображения могут появляться на цифровым способом управляемом перьевом графопостроителе, на электростатическом точечном графопостроителе или на электронно-лучевой трубке. «Активный», способствующий изменениям, всегда связанный с вмешательством, управляемый и контролируемый режим,

интеракция, внедряется там, где критическую, решающую роль играет скорость формирования изображений. Работа в этом режиме сравнима с непосредственным посещением супермаркета. С изображениями, появляющимися на электронно-лучевом или плазменном экране, можно вступать в непосредственную интеракцию, вести диалог в режиме реального времени.

В начальный период развития компьютерной графики основное внимание уделялось аппаратным средствам. Сегодня в этом уже нет острой необходимости, так как первоклассная и высокопроизводительная аппаратура выпускается многими фирмами. Сегодня акцент сдвинулся на разработку алгоритмов, способствующих формированию разнообразных типов изображений (вычерчивание линий, создание полутоновых изображений, соответствующих масштабу, перспективная проекция трехмерных объектов и т. д.), и на программное обеспечение для более удобного программирования (т. е. вычерчивания) изображений.

Графические системы

Можно сказать, что в своей работе² Тимоти Джонсон распространил результаты исследований Сазерленда с двухмерных на трехмерные изображения. Он создал легкое и понятное введение в технику, с помощью которой трехмерные объекты можно изображать на плоскости с применением ортографической и перспективной проекции, известной каждому инженеру и дизайнеру. Здесь вводятся гомогенные координаты, обеспечивающие трехмерные смещения, вращение и масштабирование. Джонсон заимствовал соответствующую технику из работы Робертса³, где речь идет об изображении трехмерных объектов. В работе Джонсона рассмотрены многие из тонких вопросов, с которыми мы сталкиваемся, когда пытаемся изобразить трехмерный объект и при этом вынуждены работать с проекциями на двумерной плоскости. При соотнесении с практикой – эта работа предвосхищает проблемы трехмерной графики подобно тому, как первая статья Сазерленда предвосхитила компьютерную графику вообще.

Уже в первой работе Сазерленда подчеркивается необходимость соответствующей организации графических данных, благодаря чему становятся возможными различные манипуляции, каковых требует интеракция с компьютером. В последующие

годы осознание этого становилось еще больше, когда исследователи приняли вызов, брошенный им компьютерной графикой. Ведь преобразования данных, считавшиеся простыми с точки зрения концепции, становились дорогостоящими, когда организация данных не рассматривалась соответствующим образом.

При исследовании графической работы на компьютере были сделаны значительные открытия относительно того, как мы, люди, воспринимаем двух- и трехмерные структуры и бессознательно «схватываем» мир. Разработка эффективной организации данных считается одной из ключевых задач компьютерной графики и поэтому сегодня стала неотложным делом в этой области.

Графические приборы

Интерактивная компьютерная графика – слово «интерактивный» применяется почти всегда, когда мы говорим о компьютерной графике – требует доступности дисплейного прибора, на котором изображение появляется в течение доли секунды после того, как компьютер произведет все необходимые для этого данные.

В общем, мы исходим из того, что терминал в компьютерной графике оснащен как устройством графического ввода, так и устройством графического вывода. Вывод осуществляется, как правило, через электронно-лучевую трубку, ввод – по большей части, через прибор с ручным приводом, делающий возможным введение графической информации и интеракцию пользователя с изображением. Существуют многочисленные вспомогательные приборы, которые обычно подсоединяют к одному из таких терминалов; очень часто мы встречаем терминалы, подсоединенные к нормальной клавиатуре, которая зачастую бывает дополнена рядом особых «функциональных клавиш» на пульте управления пользователя. Более совершенные терминалы могут быть также снабжены приборами, которые допускают быстрое производство копий появляющихся на экране изображений, оптическое сканирование отпечатков введенных изображений и подсоединение разнообразнейших «традиционных» печатающих устройств.

Хотя применяемые в компьютерах дисплеи на основе катодно-лучевой трубки использовались в некоторых из очень ранних цифровых компьютерных систем в целях корректуры, интерес к

таким системам распространился лишь относительно недавно. Это объясняется тем, что сегодня предпринимались значительные усилия для совершенствования человеко-машинной коммуникации. Сегодняшний уровень развития компьютерных графических терминалов является результатом:

Усилий внедряемых военными компьютеров, которые должны в стратегических ситуациях обрабатывать информацию и реагировать по возможности быстрее.

Достигнутого за последние годы совершенствования аппаратуры (напр., конверторов и сканнеров, которые преобразуют цифровые сигналы в аналоговые, и наоборот; и аппаратов, вычерчивающих векторы и знаки).

Разработки компьютерных систем, работающих в режиме реального времени, которые могут в течение кратчайшего времени обрабатывать значительное количество корректирующих данных, введенных с периферийных устройств.

Графические терминалы «третьего поколения» в таких процессах, как масштабирование (увеличение или уменьшение), смещение или вращение уже не зависят от программного обеспечения. Сегодня внедряется особый тип аппаратуры, работающей с высокой скоростью и осуществляющей эти преобразования, так сказать, «на лету», т. е. без прерываний. Преобразования изображения происходят одновременно с конвертированием наличных графических данных в аналоговые электрические сигналы, вызывающие желаемое изгибание луча в электронно-лучевой трубке. По этой причине не происходит значительных потерь времени. Ранние графические компьютерные терминалы позволяли «передвигать» изображения по дисплею, когда изображения на дисплейном процессоре слегка изменялись от кадра к кадру (через масштабирование, смещение, вращение). Это удовлетворительно работало для простых изображений, формировавшихся при наличии небольшого количества графических данных. Что касается изображений большего размера, то даже наиболее мощные компьютеры оказались неспособными вычислять с требуемой скоростью преобразования, необходимые для того, чтобы кадр изменялся 30 раз в секунду. Неизбежно возникали помехи – мерцание изображений.

Хаген с соавторами⁴ распознали важность быстрых преобра-

зований даже для трехмерных изображений и, следовательно, распространили способность аппаратуры осуществлять преобразования даже на третье измерение. Значительным достижением в этой области стала разработка прибора, с помощью которого сделалось возможным моделировать трехмерные объекты в движении. В последние годы аналоговые схемы сменились работающими с большой скоростью цифровыми приборами конвертирования.

Одна из главных проблем в системах, работающих с дисплеями на основе электронно-лучевой трубки, состоит в том, что изображение следует обновлять 30 раз в секунду. В поисках решения эксперты применяли плазменный экран, на котором изображение сохраняется неограниченное время, когда нет необходимости спустя определенное время обновлять его: последний метод соответствует электронно-лучевой трубке с накоплением зарядов. Однако, в противоположность электронно-лучевой трубке, плазменный экран допускает лишь селективное стирание изображения.

В последние годы возник растущий интерес к растровым дисплеям, постепенно сменяющим дисплеи векторные. Растровые дисплеи с электронно-лучевой трубкой дают следующие преимущества: а) можно использовать более дешевые мониторы коммерческого черно-белого или цветного телевидения; б) изображения проще сменяются и могут выборочно стираться. Напротив того, недостаток растровых дисплеев состоит в том, что требуется дорогое запоминающее устройство для обновления изображения, хотя из-за непрерывно дешевеющей в последние годы компьютерной аппаратуры это уже не является столь уж важным фактором.

Еще один изъян здесь заключается в том, что данные для вычерчивания линий, как правило, представлены в векторной форме (напр., как последовательность сегментов линий, хранящихся в дисплейном файле в виде координат сегментов линий). Чтобы показать линии на растровом дисплее, требуется особая операция, так называемая сканирующая перекодировка данных. При этом из координат сегмента некоей линии определяются все точки, которые в точечном изображении (с помощью раstra) соответствуют изначальной линии.

Сканирующая перекодировка играет важную роль не только в растровых дисплеях на основе электронно-лучевой трубки, но и,

конечно, во всех остальных выводных устройствах, напр., в электростатических графопостроителях и посимвольных принтерах*. Хотя посимвольные принтеры никогда не считались устройствами графического вывода, но из-за своей доступности они применялись как для вычерчивания линий, так и для полутоновой графики.

Алгоритмы для формирования линий и кривых

Разработка эффективных алгоритмов для формирования линий и кривых – важное дело как для исследователей, так и для пользователей систем компьютерной графики. Поскольку изображение на дисплее должно обновляться как минимум 30 раз в секунду, количество графических данных, появляющихся на дисплее, решающим образом зависит от скорости формирования данных. Предпринимались значительные усилия по разработке алгоритмов, пригодных для конструирования соответствующей аппаратуры. Эти алгоритмы применяются для формирования векторов, символов, окружностей и так называемых кривых «свободной формы». Проблема быстрого формирования данных с одинаковой сложностью проявляется как при выводе изображений в форме отпечатка на дигитально управляемом перьевом графопостроителе, так и на растровом графопостроителе.

Брезенхем⁵ был первым, кто методично исследовал формирование дигитальных линейных сегментов. Он детально рассмотрел вопрос о том, как можно найти оптимальное дигитальное приближение к линейному сегменту, определяемому через координаты его конечных точек. В его статье «программный генератор векторов» описывается как в некотором смысле цифровой графопостроитель. Цифровой графопостроитель состоит из пера, с помощью которого можно, пошаговым образом двигая перо на определенное расстояние вперед или назад, вычерчивать вертикальные или горизонтальные линии. Несколько графопостроителей позволяют вычерчивать сочетание этих линий в том или ином направлении. Фактически перо должно двигаться от узла определенной квадратной решетки к одному из смежных узлов.

Таким образом, невозможно вычерчивать любой сегмент прямой линии под любым произвольным углом. Вместо этого при-

* [см. Словарь по программированию, М., 1991. С. 39]

ближение ко всякому сегменту «прямой» линии – и даже ко всякой кривой – должно осуществляться с помощью цепочки малых сегментов линии с точно определенной длиной. В результате получается то, что называется “digital straight line” [цифровая прямая]. Точно такой же эффект достигается, когда прямая или кривая вычерчивается с помощью электростатического графопостроителя (или просто посимвольного принтера). Однако в этом случае приближение к кривой достигается через цепочку точек, располагающихся в узлах решетки, а не посредством небольших линий, соединяющих между собой узлы решетки.

Итак, ряд исследователей стремились проанализировать, как можно обнаружить «оптимальное» из таких цифровых приближений к определенной кривой. Некоторые сконцентрировали усилия на том, чтобы найти алгоритмы, позволяющие найти минимальное отклонение от истинной кривой; но существуют и исследователи, готовые допустить большее отклонение ради большей скорости (или простоты) вычислений. В семидесятые годы были разработаны эффективные алгоритмы для достижения оптимального цифрового приближения к более обширному классу математически определяемых кривых, для представления дигитальных окружностей и так называемых кривых «свободной формы».

Графические компьютерные языки

Производительность компьютерной графической системы решающим образом зависит от языка, используемого для изображения абстрактных геометрических структур и их демонстрации с помощью электронно-лучевой трубки или графопостроителя. Графические компьютерные языки, как и «традиционные» компьютерные языки, подразделяются на: 1) машинные языки типа «ассемблер»; 2) высокоразвитые процедурные языки; 3) высокоразвитые проблемно-ориентированные языки. Однако среди графических компьютерных языков допускается еще одно подразделение, зависящее от того, используется ли компьютерный язык для формирования изображения или же для построения какой-либо геометрической модели.

В начале и в середине шестидесятых годов исследователи разработали ряд графических систем, чтобы распространить воз-

возможности применения компьютерной графики на обширный диапазон проблемных областей. Ранние проекты графических компьютерных языков имели целью, прежде всего, вывод изображений линий и были, по существу, простыми языками типа «асемблер», разработанными на основе простых форм.

К началу 70-х годов интерес сместился с языков, ориентированных только на производство графического компьютерного вывода, на языки, с помощью которых можно было строить сложные абстрактные, геометрические, как двухмерные, так и трехмерные модели, для которых выводной дисплей не был существенным. Более новые графические компьютерные языки были, скорее, проблемно-ориентированными и могли в известной мере рассматриваться как, скорее, языки для автоматизированного проектирования.

Формирование полутоновых изображений

Почти во всех ранних работах по компьютерной графике основное внимание уделялось векторной графике, т. е. графике, при которой выводное изображение появляется на дисплее на основе электронно-лучевой трубки, чьи лучи формируют фактические линии таким образом вычерченного чертежа. Это было совершенно достаточным для всевозможных форм чертежей в сфере техники и архитектуры. И все-таки это оказалось не слишком пригодным для формирования полутоновых изображений, использовавшихся для изображения предмета с помощью полутоновых и заштрихованных плоскостей. Наконец, к концу семидесятых годов возник более пристальный интерес к полутоновым изображениям.

Одним из первых, кто занялся этой темой, был Боунайт⁶ из университета штата Иллинойс (Урбана). Описываемые им алгоритмы можно считать развитием алгоритмов, восходящих к Уорноку⁷. Боунайт добился значительного повышения скорости посредством растрового сканирования изображения. Благодаря этому не только возникало полутоновое изображение, но в то же время было возможно распознавать скрытые поверхности. Однако область применения этого метода была ограничена одномерными объектами.

Значительного успеха в передаче полутоновых изображений

достиг Гуро⁸. Гуро добился приближения к искривленным плоскостям с помощью малых многоугольников, посредством которых можно было устранять прерывания полутонов по краям. В дальнейшем ему удалось получать изображения с искривленными плоскостями, демонстрировавшими поразительно гладкую текстуру. Благодаря применению алгоритмов Уоткинса можно было легко устранять скрытые поверхности. Кэтмалл⁹ из Нью-Йоркского Технологического института обнаружил метод формирования полутоновых изображений с искривленными плоскостями посредством применения искривленных (бикубических) форм вместо многоугольников. Размер этих форм соответствует размеру растрового элемента. Таким способом могли формироваться изображения, производившие впечатление непривычно реалистичных – среди них, и изображения «прозрачных» объектов. Впоследствии Блинн¹⁰, тогда работавший в университете штата Юта, детально исследовал расчет интенсивности каждого растрового элемента (пикселя) появляющегося на дисплее растрового изображения.

Компьютерная анимация

С самых истоков компьютерной графики возник интерес и к возможностям использования компьютеров для кино. Уже в 1964 г. Ноултон¹¹ опубликовал статью, где он описывает, как компьютер может применяться для производства мультипликационных фильмов. В этот момент происходило едва ли не скачкообразное развитие деятельности в этой области.

В первых попытках интерес сосредоточивался преимущественно на симулируемом движении относительно простых объектов. Изображения представляли собой линии, а используемые объекты ограничивались многоугольниками или двухмерными многогранниками. Кроме совсем немногочисленных случаев, еще не существовало средств распознавания скрытых линий.

Вехой на пути развития компьютерной анимации стала опубликованная в 1969 г. работа Беккера, возникшая из его докторской диссертации, представленной на кафедре электротехники в Массачусетском Технологическом институте. Беккер подробно исследует в ней предпосылки для интерактивной системы компьютерной анимации, а затем рассматривает разнообразные от-

дельные этапы, необходимые для производства фильма с помощью компьютера. Эта работа дает превосходное введение во все аспекты компьютерной анимации, и поэтому служит обязательным чтением для каждого, кто интересуется этой областью.

Норман Макларен описывает анимацию (т. е. мультипликационное кино) следующим способом:

Анимация есть не искусство движущихся *рисунков*, но искусство рисованных *движений*;

То, что разыгрывается *между* отдельными кадрами, важнее того, что показывается в каждом кадре;

Следовательно, анимация есть искусство манипуляции невидимыми промежутками между отдельными кадрами. Эти промежутки напоминают скелет фильма; то, что показывается в каждом кадре, едва ли облечено плотью.

Анимация – это графическое искусство, имеющее место в некоем временном контексте. И хотя статическое изображение может представлять сложную информацию в одном-единственном образе, все-таки только посредством анимации столь же сложную информацию можно передавать через ряд изображений, показываемых во времени. В противоположность статическим изображениям, для медиума анимации характерно то, что графическая информация, передаваемая в определенный момент, относительно второстепенна. Источник информации для зрителя мультипликационного фильма заключается в непрерывном изменении изображений, в изменении относительных позиций, формы и динамики. Компьютер пригоден для производства анимации потому, что трансформации изображения в нем происходят стремительнее, чем в традиционной анимации.

Хотя внедрение компьютера в анимацию началось не так давно (1964)¹², интерес к этой области и деятельность в ней развивались после этого прямо-таки феноменально. На основе до сих пор полученного опыта можно утверждать следующее:

Анимация – весьма пригодное средство для записи и анализа компьютерных выводных данных и для сжатия данных, а также для моделирования, презентации и наглядного представления процессов физики, биологии и техники.¹³⁻¹⁵ Представление, полученное посредством анимации, особенно пригодно для того, чтобы демонстрировать процессы, протекающие в одной и той же

системе параллельно друг другу. Если анимация должна служить пикториальной симуляцией сложной, построенной в математических понятиях физической теории, то анимационное кино можно создавать лишь с помощью компьютера.

Компьютер – это *искусственный* медиум, который может применяться в анимации как в весьма эффективном средстве формирования прекрасных и новых визуальных феноменов, а, следовательно, он служит не просто для того, чтобы вычерчивать привычные и монотонные изображения.^{16 18}

Создание изображений с помощью алгоритмов и компьютерных данных допускает непрерывное моделирование единственного анимационного эпизода и создание ряда взаимозависимых эпизодов.

В компьютерной графике возможна непосредственная графическая интеракция. Важную роль для компьютерной анимации играют три аспекта этой интеракции:

Доступность непосредственной визуальной связи относительно всех результатов – будь то окончательные или промежуточные.

Возможность разделить построение изображений на этапы и поэтапно рассматривать его результаты.

Возможность демонстрировать изображения непосредственно на экране компьютера.

Сила мгновенной визуальной обратной связи является впечатляющей. Основываясь на представлении динамической последовательности отдельных кадров соответствующего «фильма», компьютер производит вычисления. Этот фильм можно затем прокрутить назад с целью непосредственного контроля, как на видеомагнитофоне. Поэтому возможно сделать небольшие изменения, вычислить последовательность заново и еще раз рассмотреть итоги. Различные этапы работы (констатация указаний, рисунок художника, вычисления компьютера и автоматическая прокрутка назад) повторяются до тех пор, пока не достигаются желаемые результаты. Время, необходимое для однократного рассмотрения циклов обратной связи, сводится до нескольких секунд или минут.

В большинстве ранних систем компьютерной анимации для этого этапа требовалось несколько часов, или даже дней. Успехи

здесь являются решающими потому, что теперь пользователи системы могут фактически видеть на экране монитора результат трансформаций движения и ритм динамического представления, а уже не просто вообразать его.

Следовательно, пользователи теперь могут совершенствовать тот аспект анимации, который представляет его важнейшую точку: управление непрерывно меняющимися пространственными и временными связями графической информации.

При *интерактивной компьютерной анимации* мультипликационные изображения возникают на экране, когда соблюдается использование по меньшей мере восьми из следующих компонентов наличной системы:

АППАРАТУРА:

Универсальный цифровой компьютер.

Иерархия дополнительных запоминающих устройств различной технологии (чипы запоминающих устройств, магнитная плата, магнитные ленты). Хотя эта иерархия запоминающих устройств является составной частью универсального цифрового компьютера, она упоминается особо для того, чтобы подчеркнуть существенно более высокую – по сравнению с нормальными задачами – потребность в запоминающих устройствах для структур данных, из которых формируются последовательности мультипликационных рисунков и изображений.

Вводное устройство, как, напр., световое перо, планшет или джойстик, посредством которых можно делать по меньшей мере двухмерные рисунки. На практике, по желанию потребителя, должны быть как можно более короткие паузы, в продолжение которых можно рисовать в режиме реального времени. Затем пользователи должны быть в состоянии делать рисунок без прерываний.

В дальнейшем компьютер должен записывать «основную информацию о времени» процесса рисования. Если положение пера на планшете проверяется 24 раза в секунду, то зачастую это достаточно для наших целей.

Выводное устройство, как, напр., стандартный экран монитора или соответственно модифицированный телеэкран, где мультипликационные картинки можно тотчас же смотреть со скоростью 24 кадра в секунду.

Эта возможность просматривать картинки играет важную роль и при интерактивном монтаже эпизодов мультипликацион-

ных фильмов. Однако окончательный перенос «фильма» на фото-, кино- или видеопленку не должен происходить с применением тех же самых механизмов.

ПРОГРАММНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

«Язык» для построения статичных изображений и манипуляцией ими.

«Язык» для представления и спецификаций смены изображений и ее динамики.

Ряд программ, преобразующих спецификации обоих «языков» в последовательность изображений.

Ряд программ, обеспечивающих запоминание этой последовательности изображений и вызывающих ее из внешних запоминающих устройств, а также допускающих как обратную прокрутку этой последовательности изображений, так и их перенос на записывающие устройства.

С развитием растровой графики в начале 70-х годов вскоре началось производство подвижных растровых изображений. Работы Wylie et al. (1967), Gouraud (1971), Warnock (1969) и Watkins (1970) обеспечили оптимальную основу для анимации человеческого лица, и эта анимация впоследствии развивалась Парксом¹⁹ из университета штата Юта, факультет компьютерной техники. В его статье описываются техники изображения, анимации и сбора данных; эти техники могут применяться для того, чтобы с помощью компьютера производить «реалистичные» полутонные мультипликационные снимки разнообразных выражений человеческого лица. Было установлено, что для представления человеческого лица достаточно заполнить поверхность лица плоскостью, охватывающую приблизительно 250 многоугольников. Анимация достигается с помощью косинусной интерполяции, позволяющей заполнить кадры, промежуточные между отдельными выражениями лица. Этим методом можно также реалистично представить движения лица. Трехмерные данные, используемые для представления выражений лица, получались фотограмметрическим способом с применением пар фотографий.

Человеческое лицо, по крайней мере, по двум причинам бросает вызов компьютерной анимации. Во-первых, лицо представляет собой не застывшую структуру, но сложную подвижную плоскость. Как следует описывать движение одной из таких плоскостей? Во-вторых, лица очень хорошо нам знакомы, у нас есть

высокоразвитое чувство того, какие выражения и движения являются естественными для лица.

Деятельность в сфере компьютерной анимации стала сегодня настолько всеохватывающей и распространенной, что невозможно даже дать ее обзор. Существует обширное собрание фильмов, созданных с помощью компьютера, среди них – несколько фильмов превосходного качества. Репрезентативные примеры этого часто приводятся на различных ежегодно проходящих компьютерных конференциях. Для первого периода компьютерной анимации важны работы: Knowlton, Whitney (1968), N. Max (1975), Csuri (1975) и прочие, их продолжающие. Совершенствование систем компьютерной анимации, позволяющее снимать мультипликационные фильмы даже людям, минимально знакомым с компьютером, описано в статье Хакаторна²⁰, члена группы исследований компьютерной графики университета штата Огайо (председатель – Чарльз Чури).

Эта система программного обеспечения для анимации позволяет каждому, кто располагает хотя бы минимальными познаниями в компьютерной области производить мультипликационные фильмы в форме готового цветного фильма, который можно смотреть и записывать в режиме реального времени. Таким способом изготовленный мультипликационный фильм может включать в себя сложные многогранники, и при этом могут образовываться слова, предложения, растения, животные и пр. Эта анимационная система, *Anima II*, состоит из следующих основных элементов: 1) генератор данных, посредством которых можно формировать цветные трехмерные объекты, 2) анимационный язык с простым, напоминающим письменность, синтаксисом, с помощью которого в различных условиях можно описывать параллельные трансформации движения и дисплея и 3) так называемый алгоритм *Майерса*, позволяющий производить расчеты для видимой поверхности и растрового сканирования.

Разработки в области компьютерной анимации, позволяющей представить «фиксированные» предметы, изменили способ, каким пользователи организуют представление идеи. При традиционной анимации одномерные картинки изображаются на каждом кадре последовательности в целом. Формирование и анимация изображений очень часто являются частями одного и того же процесса. И все-таки когда компьютер должен изображать

трехмерные объекты, то пользователь вначале конструирует некий цветной объект и лишь затем создает его картинку для мультипликационного фильма. Эти два процесса независимы друг от друга. Способ работы при трехмерной цветной анимации имеет сходные черты со способами работы в других сферах искусства, как, напр., кино, театр и хореография.

В середине семидесятых годов с компьютерной анимацией начали работать наряду с компьютерными инженерами, и профессиональные режиссеры – это признак того, что в данной области были достигнуты значительные успехи.

Во вторую половину 70-х гг. в телевидении и кино началось широко распространенное применение компьютерной анимации для производства как учебных, так и развлекательных кинофильмов.

III. Цифровые образы и сообщество

компьютерных разработчиков и пользователей

Сегодня компьютерная технология находит все большее применение в кино- и видеоискусстве, где оно внедряется во всех производственных сферах – от автоматизированного монтажа до создания эпизодов в компьютерных мультипликационных фильмах. В форме микропроцессоров компьютеры стали основополагающей частью практически всех приборов; в области машинного управления производством компьютеры играют решающую роль в каждом процессе. Большое значение компьютеры имеют также для языка и формы выражения в тех кинетических формах искусства, где используются свет, цвет и движение во времени и пространстве.

С тех пор, как компьютерная графика стала широко применяться в коммерческой области кино (напр., при производстве специальных эффектов для фильмов и рекламных роликов), возникли такие виды деятельности, где художники сотрудничают в исследованиях, ориентированных на создание и синтез цифровых изображений. Вклад художников наложил отпечаток и на развитие систем аппаратуры и программного обеспечения.

В то же время началось обобщенное осмысление колоссального влияния персональных компьютеров и технологии видеоигр на творческий процесс и на искусство.

Цифровое изображение, компьютерная анимация и компьютерная графика – наиболее значительные технические достижения в истории движущихся картинок со времени изобретения самого кино. Успехи в компьютерной анимации, в изготовлении мультипликационных фильмов и видео с помощью компьютеров достигнуты в США в следующих трех областях: в университетах, в промышленности, в искусстве. Особенный интерес при этом представляют индивидуальные связи между тремя этими сферами, отражающие объективное положение дел. Так, научные работники идут из университетов в промышленность, художники – в университеты и в промышленность, инженеры – в искусство. При этом они часто встречаются между собой и временно работают совместно.

К ведущим университетам, где проводятся теоретические исследования компьютерной культуры и технологии, касающиеся как аппаратуры, так и программного обеспечения, а также их практического применения, относятся – среди прочего – Нью-Йоркский технологический институт, Гарвардская вычислительная лаборатория Гарвардского университета, университет Карнеги-Меллона (Роберт Спраулл), университет штата Юта в г. Солт-Лейк-Сити, Массачусетский технологический институт, лаборатория компьютерной графики в г. Беркли при факультете компьютерной науки (прикладной математики), исследовательский центр «Ксерокс» в г. Пало-Альто, университет штата Иллинойс (Чикаго), Калифорнийский технологический институт и пр.

К компьютерной индустрии мы должны причислять не только такие военные учреждения, как НАСА, чьи большие успехи в компьютерной технологии объясняются колоссальными ассигнованиями, но и такие предприятия кино- и рекламной индустрии, как George Lucas Film Ltd., Robert Apel Associates, Cranston-Csuri, Digital Effects, Digital Production. Это фирмы, которые производят компьютерно-графические спецэффекты и многое другое для художественных фильмов и видеофильмов. Само собой разумеется, сюда относятся такие фирмы, как Atari, Apple (Стивен Возняк, Стив Джобз из Сан-Франциско) и пр., которые производят персональные компьютеры и видеоигры, а также Bell Telephone Laboratories, IBM и т. д., участвующие в компьютерной революции в сфере коммуникации.

В-третьих, существует группа художников, отчасти завися-

ших от поддержки этих институтов и этой индустрии. Прежде чем перейти к нескольким важным примерам сотрудничества между искусством и компьютером, я хотел бы привести несколько примеров переплетения научных исследований, промышленности и искусства в личной судьбе, что весьма типично для возникновения компьютерной культуры. По этому предмету ценные сведения можно найти, прочитав приложенный список литературы.

Томас А. ДеФанти – профессор факультета электротехники и компьютерной науки (прикладной математики) в университете штата Иллинойс, Чикаго. Он – ученый-компьютерщик и компьютерный художник, и сейчас является президентом группы Siggraph. Вместе с Дэном Сэндином, Бобом Снайдером и Джейн Видер (о них статью написал Джин Янгблад, и поэтому нет необходимости представлять их подробно) он принадлежит к Чикагскому кружку компьютерного искусства. Его язык компьютерной графики ZGRASS, предназначенный для интеракции в режиме реального времени, использовали также Джейн Видер и Ларри Куба. Процессор цифровых изображений Дэна Сэндина, как и артикулятор цифровых изображений Вуди Васулки, относятся к наилучшим приборам для пост-обработки изображений. Эд Эрнствиллер, как Видер и Куба, относится к наиболее выдающимся деятелям компьютерного искусства. Его знаменитую работу «Солнечный камень» (1979), которая длится 3 минуты и была создана за 8 месяцев в Нью-йоркском технологическом институте, осуществили под руководством Александра Шура программисты Лэнс Вильяме и Элви Рэй Смит, работающий сегодня в студии Lucas Film. Фредерик И. Парк (см. его работу о компьютерной анимации лиц, 1972) написал на эту тему диссертацию в университете штата Юта. Сейчас он работает в должности профессора компьютерной науки (прикладной математики) и директора лаборатории компьютерной графики при Нью-йоркском технологическом институте; там же работает и Пол С. Хекберт над темой «лучевое сканирование многоугольных объектов». George Lucas Film Ltd. в Сан-Рафаэле, Калифорния, вроде бы вообще является центром передовой компьютерной графики и компьютерной анимации цифрового синтеза изображений. Так, Эд Кэтмалл, прежде работавший в университете штата Юта и в Нью-йоркском технологическом институте, автор важных статей по компьютерной графике, работает также в Lucas Film. Там

он разрабатывает «аналитический видимый поверхностный алгоритм для независимой обработки пикселей», столь важный для проекта Pixar. Лорен Карпентер, чей фильм “Vol Libre” [*Свободный полет*] (2 мин.) представляет собой симулируемое путешествие в горную местность, принадлежит к классикам visual music и работает сегодня в Lucas Film над алгоритмами видимых поверхностей (A-Buffer, An Antialiased Hidden Surface Method – Метод показа скрытых поверхностей, устраняющих параллельные изображения). Адам Левинталь работает у Лукаса над графическим процессором “Char”, Роб Кук – над «распределенным лучевым сканированием», новейшей техникой, позволяющей с помощью отражательных устройств и обработки полутонов получать весьма реалистичные изображения. Кертис Эбботт работает в Lucas Film над получением цифрового звука. Среди прочих там работают Родни Сток, Томас Портер, Вильям Ривз.

Сток в качестве менеджера графической техники, вместе с остальными только что названными, участвует в проекте “Pixar”, основном проекте Джорджа Лукаса, наряду с его фильмами, такими, как «Звездные войны»; Pixar – особый метод копирования фильмов и синтетического получения изображений для кино, в результате которого становится возможным получать синтетические изображения для фильма, позволяющие осуществлять интеракцию с монитором, производящую образы, которые я хотел бы видеть – напр., образы полета, подчиняющиеся используемым мною механизмам ввода и контроля (напр., полет вокруг скалы в каньон). Сток раньше имел опыт графического дизайна в компании Adage Inc., разработавшей графический терминал (Сток создал программу формирования векторов) для Evans & Sutherland Computer Corporation), а также создавал аппаратуру для системы видео-арта “Ampex”.

Как вы видите, собственную компьютерную фирму имеет и И. Э. Сазерленд из университета штата Юта (см. его работу 1963 г.), где работают также Роберт Космэн и, конечно, Дэвид Эванс. Подобно Atari, Real Time Design (Чикаго) и т. д., эта фирма разрабатывает интерактивные системы компьютерной графики. Джеймс Т. Каджия защитил докторскую диссертацию в университете штата Юта, затем работал на Evans & Sutherland Computer Corporation, а сегодня является профессором Калифорнийского Технологического института.

Джеймс Ф. Блинн опубликовал в конце 70-х годов важную статью по компьютерной графике, а сегодня работает в лаборатории реактивных двигателей в Калифорнийском Технологическом институте, где для НАСА и знаменитого телевизионного сериала «Космос» были созданы компьютерные анимационные фильмы. Томас Спенсер и Ричард Ф. Ризенфельд также работают в университете штата Юта. Ризенфельд опубликовал важную статью и руководит факультетом компьютерной науки (прикладной математики) и Группы автоматизированного геометрического дизайна. Представляется, что университет штата Юта, Нью-Йоркский Технологический институт и компания Lucas Film Ltd. являются главными центрами разработки цифрового изображения и интерактивных систем компьютерной графики.

Компьютерными рекламными фильмами, или высокотехнологичными рекламными фильмами, называются фильмы, действительно производимые с помощью компьютеров или выглядящие подобно неоновой компьютерной рекламе. Такие высокотехнологичные рекламные фильмы и спецэффекты для художественных фильмов производятся такими фирмами, как Robert Axel Associates (Голливуд) или Digital Effects Inc. (Нью-Йорк), или Cranston-Csuri Productions (Коламбус, Огайо), или же Entertainment Effects Group Дугласа Трамбулла из Adrian Malone Production, или же Digital Productions (обе фирмы – из Лос-Анджелеса).

Джадсон Роузбуш является основателем и президентом фирмы Digital Effects Inc.; он имеет много публикаций по этой теме. В этой фирме компьютерную анимацию также разрабатывают К. Роберт Хоффман, Джефффри Кляйзер и Дональд Лич. Дональд Л. Стредни и Уэйн Карлсон занимаются компьютерной анимацией в Cranston-Csuri. Чарльз Чури не только создал в 1967 г. уже ставший знаменитым компьютерный фильм, но и написал в 70-е гг. важные статьи по компьютерной анимации. Роберт Эйбел был учеником Джона Уитни-старшего, пионера цифрового изображения, компьютерного кино и visual music и работает в Калифорнийском университете (Лос-Анджелес). Его талантливейшим сотрудником является Билл Ковач. Пэт О'Нил, живущий на Западном побережье знаменитый автор авангардных фильмов в 60-е годы, в 70-е годы не только продолжал создавать абстрактные психоделические фильмы, но и работал на Роберта Эйбела, а также – время от времени – на Ларри Кубу.

Высокотехнологичные видео в популярных областях, напр., рок-видео, создавали Тодд Рундгрэн («Утопия видео», «Вудсток в Нью-Йорке»), см. его проект «Сила воли», осуществленный совместно с Линн Голдсмит в 1983 г. для Island Rec., а также Майкл Несмит, Билл Этра (Digital Image), Стив Ратт (Laser TV) и т. д. Художественное лазерное телевидение, программы производства лазерных дисков, проекты спутникового телевидения осуществляются компанией Mobile Image, LA (Кит Гэлловей/Шерри Рабиновиц).

Среди наиболее интересного – сочетание искусства и высокотехнологичной коммерции в Digital Productions, Лос-Анджелес, в компании, основанной Джоном Уитни-младшим, сыном Джона Уитни-старшего и Гэри Демосом. Двумя остальными сотрудниками (моложе 60 лет) являются Крейг Апсон, работавший вместе с пионером компьютерного дела Нельсоном Максом над передачей движения облаков в компьютерной анимации, и Шерри МакКенна, работавшая вместе с Робертом Эйбелом над знаменитым рекламным фильмом «Пузырь напитка севен-ап». Гэри Демос, 32 года, работал в качестве ассистента у Уитни-старшего, был у него программистом (Уитни-старший создал свой первый компьютерный фильм «Каталог» в 1962 г.). В «Арабесках» (1975), 6 мин., среди программистов был Ларри Куба. Эта техника возникла в Information International Inc. (Triple), 1974, в фирме, которая была предшественницей Digital Productions. Digital Productions специализируется на симуляции дигитальных сцен, т. е. формирующихся с помощью компьютера движущихся картинок, которые реалистически симулируют трехмерные объекты и события с помощью суперкомпьютера Cray-1 и некоторых новых методов. Гэри Демос является ответственным за создание рафинированной программы для Digital Production. Джон Уитни-младший, 37 лет, сын Джона Уитни-старшего, создал в 1971 г. проект «Терминальное Я», где отверг геометрически застывшие компьютерные фильмы и фигуративными средствами добился пространственного эффекта. Кроме того, он время от времени сотрудничал с художником-концептуалистом Майклом Эшером в фильмах этого последнего. Уитни-младший не только работал вместе со своим отцом с 15 лет, но и создал много компьютерных систем, например, гибридный* оптический принтер.

* [т. е. аналого-цифровой. См.: Толковый словарь по вычислительным системам. М., 1991. С. 221]

В 1973 г. он добился номинации на премию «Оскара» за работу над фильмом «Западный мир». В настоящее время фирма Уитни-младшего работает над примерно 20-30-минутной цифровой симуляцией сцен для художественного фильма «Последний «Старфайтер»»^{*}. В процессе производства также – цифровые симуляции сцен для фильма «2010» киностудии «Метро-Голдвин-Мейер», являющегося продолжением фильма «2001». Сенсационная цель цифровой симуляции сцен состоит в формировании с помощью компьютера сцен, неотличимых от реальных, а также таких реалистичных сцен, которых не существует в природе. Ради этой цели фирма располагает одним из наиболее быстродействующих суперкомпьютеров в мире, компьютером Cray-1 (стоимостью 12 млн. долларов), несколькими малыми компьютерами VAX и IBM, 4 машинами для преобразования видео в 35-мм пленку, 2 сканнерами для пленки, 3 системами обработки изображений фирмы Evans & Sutherland, а также 3 подвижными системами для настройки интеракции с объектами. Тем самым закладывается фундамент будущего электронных фильмов: для художественных фильмов, на 100% созданных благодаря симуляции, и все-таки представляющих такой фотографический реализм, что публика не сможет отличить реальных действий от действий симулируемых. Цифровая симуляция сцен – это будущее цифрового изображения, цифрового искусства. На примере фирмы Digital Productions и отношений между отцом и сыном мы видим также то, насколько художественная форма, прежде бывшая маргинальной – абстрактное графическое кино – может оказаться в будущем центром новой индустрии и заложить основы для технологической революции в промышленности – как показывают многолетний опыт и многолетние устремления авангардного кино, в особенности абстрактного, начиная с В. Эггелинга и О. Фишингера в 20-е годы и продолжая братьями Джеймсом и Джоном Уитни в 40-е годы. От абстрактного кино до симуляционного компьютерного кино разворачивается новая форма кинематографа, новая форма видения и неограниченной манипуляции визуальными данными. Поскольку формируемые компьютером изображения могут записываться как на видео, так и на кинопленку, и при этом смешиваться с реальными сценами, будущее состоит в компьютерной анимации, цифровое изображение является символом будущего.

* [«Старфайтер» – название американского бомбардировщика]

Цифровое видео

Предварительный этап здесь заключается в интеграции видео и компьютерной технологии: в цифровом видео. Эта амальгама – в природе самого видео. Ведь в кино кадр, формирующий изображение, оставался неприкосновенным; поэтому значение, движение, событие можно было конструировать только через столкновение двух кадров, через интервал между двумя кадрами. Напротив того, в видео – благодаря компьютерной технологии – является возможным манипулировать с помощью компьютера цветом и формой каждой растровой точкой (каждым пикселем) в отдельности. Этот осуществляемый по моему желанию доступ посредством компьютера к каждому из 1000 пикселей 1000 строк видео позволяет мне проводить индивидуальную субъективную манипуляцию изображением, как в живописи, и передавать изображение с реалистической точностью, как в фотографии. После огня и электричества – цифровое изображение представляет собой третье Прометеево орудие художественной репрезентации, симуляции. Передовая технология цифрового изображения, его симуляционный потенциал, опирающийся на компьютерную технологию, наделяют индивида новыми безграничными возможностями создания новой визуальной культуры, нового демократического ренессанса.

Литература по теме:

- R.E. Barnhill, R.F. Riesenfeld: COMPUTER AIDED GEOMETRIC DESIGN, Academic Press, 1974.
- Dana H. Ballaro, Christopher M. Brown: COMPUTER VISION, Englewood Cliffs NJ, 1963. .
- S.H. Chasen: GEOMETRIC PRINCIPLES AND PROCEDURES FOR COMPUTER GRAPHICS APPLICATIONS, Prentice-Hall, 1978.
- Circulating Video Library. Katatog Museum of Modern Art. N.Y, 1983.
- S. Davis: COMPUTER DATA DISPLAYS, Prentice-Hall, 1969.
- Electra. Katalog der Ausstellung. Musee d'Art Moderne de la Ville de Paris. 1983.
- Jose Luis Encarnacao: COMPUTER-GRAPHICS, Мюнхен, Wien, 1975.
- M. Falman and J. Nivergelt (Ed.): PERTINENT CONCEPTS IN COMPUTER GRAPHICS: Proc. 2nd u. Illinois Conf. Computer Graphics, U. Illinois Press, Urbana, 1969.
- W.A. Fetter: COMPUTER GRAPHICS IN COMMUNICATION, McGraw-Hill, 1965.

- H.W. Franke: GOMPUTERBRAPHIK-GOMPUTERKUNST, Bruckmann, Munchen, 1971.
- Herbert W. Franke, Gottfried Jager: APPARATIVE KUNST, Verlag DuMont Schauberg, Koln, 1973.
- Herbert W. Franke: KYBERNETISCHE ÄSTHETIK-PHÄNOMEN KUNST, Ernst Reinhardt Verlag, Munchen, Basel 1979.
- Herbert W. Franke: GOMPUTER-GRAPHIK; KUNST IM ELECTRONISCHEN ZEITALTER, DuMont, 1984.
- W. Giloi: INTERACTIVE COMPUTER GRAPHICS, Prentice Hall, 1978.
- W. Giloi (Hrg.): FACHTAGUNG COMPUTER GRAPHICS: PROC. SYMP. 19-21 Oc.; 1971, Berlin, Gesellschaft für Mathematik und Datenverarbeitung mbH, D-5205 St. Augustin 1, Schloss Birlinghoven, 1971.
- Donald Greenburg, Aaron Marcus, Allan H. Schmidt, Vernon Gorter: THE COMPUTER IMAGE, Addison-Wesley, Reading, Massachusetts, 1982
- F. Gruenberger (Ed.): COMPUTER GRAPHICS, Thompson, 1966.
- Ruth Leavitt (Ed.): ARTIST AND COMPUTER, New York, 1976.
- Lothar Limbeck, Reiner H. Schneeberger: COMPUTER-GRAFIK, Ernst Reinhardt Verlag, Munchen, 1979.
- H.R. Luxenberg and R.L. Kuehn: DISPLAY SYSTEMS ENGINEERING, McGraw-Hill, 1968.
- Frank J. Malina (Ed.): VISUAL ART, MATHEMATICS AND COMPUTERS, Oxford, New York, Toronto, Sydney, Paris, Frankfurt/M, 1979.
- Abraham Moles: KUNST UND COMPUTER, Verlag DuMont Schauberg, Köln, 1973.
- R.D. Murray: COMPUTER HANDLING OF GRAPHICAL INFORMATION, Society of Photographic Scientists and Engineers, Washington, DC, 1970.
- F. Nake: COMPUTER-GRAFIK. EXAKTE ÄSTHETIK. S. Nadolski, Stuttgart, 1967
- F. Nake, A. Rosenfeld (Ed.): GRAPHIC LANGUAGES, Proc. IFIP Working Conf. Graphic Languages, Vancouver; North-Holland, 1972.
- Frieder Nake: ÄSTHETIK ALS INFORMATIONSVERARBEITUNG, Wien und New York, 1974.
- Beorg Nees: GENERATIVE GOMPUTERGRAFIK, Hrsg. von der Siemens AG, Berlin und Munchen, 1969.
- W.M. Newman, R.F. Sprouli: PRINCIPLES OF INTERACTIVE COMPUTER GRAPHICS. McGraw-Hill, 1973 und 1981.
- P.O. Parslow, R-E. Green (Ed.): COMPUTER GRAPHICS IN MEDICAL RESEARCH AND HOSPITAL ADMINISTRATION, Plenum, 1971.
- R.D. Parslow, R.W. Prowse, R.E Green (Hrg.): COMPUTER GRAPHICS, Plenum, 1969.
- M.D.Prince:INTERACTIVE GRAPHICS FOR COMPUTER-AIDED DESIGN, Addison-Wesley, 1971.

- J. Reichardt: CYBERNETIC SERENDIPITY. THE COMPUTER AND THE ART, Studio International, London, 1968.
- Brian Randell (Ed.): THE ORIGINS OF DIGITAL COMPUTERS. SELECTED PAPERS, Springer Verlag, 1982.
- S. Sherr: FUNDAMENTALS OF DISPLAY. SYSTEM DESIGN, Wiley-Interscience, 1970.
- J. Vlietstra, R.F. Wielinga (Ed.): COMPUTER-AIDED DESIGN: PROC. IFIP Working Conf. Principles of Computer-Aided-Design, Eindhoven; North-Holland, 1973.
- John Whitney: DIGITAL HARMONY, on the Complementarity of Music and Visual Art. Byte Books, McGraw-Hill, 1980.
- Gene Youngblood: EXPANDED CINEMA, EP. Dutton & Co, N.Y, 1970.
- Freeman, H. (Ed): TUTORIAL: SELECTED READINGS IN INTERACTIVE COMPUTER GRAPHICS, IEEE Computer Society Press, LA, 1984.
- Beatty, J.C. und Booth, K.S. (Ed.), Tutorial: COMPUTER GRAPHICS, IEEE Computer Society, 1982.

Примечания:

1. Ivan E. Sutherland. "Sketchpad: A Man-Machine Graphical Communication System." Conference Proceedings, Spring Joint Computer Conference, AFIPS Press. 1963.
2. Timothy E. Johnson. "Sketchpad III: A Computer-Program for Drawing in Three Dimensions." Conf. Proc. Spring Joint Corn. Conf., AFIPS Press. 1963.
3. L. B. Roberts, "Machine Perception of Three-dimensional Solids», Tech. Rept. 315, MIT Lincoln Lab.. May 1963, and in: Optical and Electro-Optical Information Processing, ed. J. Tippet et al. MIT Press. 1965.
4. Thomas G. Hagan, Richard J. Nixon, and Luis J. Schaefer, "The Adage graphics terminal," Adage Inc. Boston. Conf. Proc., Fall Joint Computer Conference. AFIPS Press, 1968.
5. J. E. Bresenham, "Algorithm for Computer Control of a Digital Plotter," IBM Systems Journal 4. no. 1, 1965.
6. W. Jack Bouknight, "A Procedure for Generation of Three-Dimensional Half-toned Computer Graphics Presentation." Communications of the ACM, Sept. 1970.
7. J. E. Warnock. "A Hidden Surface Algorithm for Computer Generated Halftone Pictures," Technical Report June 1969. University of Utah.
8. Henri Gouraud, "Continuous Shading of Curved Surfaces." IEEE Transactions on Computers, June 1971.
9. Edwin Catmull. "Computer Display of Curved Surfaces," Proc. of the Conference on Computer Graphics, Pattern Recognition and Data Structure, May 1974. IEEE.

10. James F. Blinn, 'Models of Light Reflections for Computer Synthesized Pictures,' *Computer Graphics* 11. no. 2 (Summer 1977).
11. K. C. Knowlton, "A Computer Technique for the Production of Animated Movies. "AFIPS Conf. Proc., Vol. 25, 1964. SJCC, Sparan Books. N. Y. K. C. Knowlton. "Computer Produced Movies," in: *System Analysis by Digital Computers*, ed. F. F. Kuo and J. F. Kaiser, Wiley & Son. 1966. K. C. Knowlton, "Collaborations with Artists — A Programmer's Reflections," graphic.
12. C. Levinthal, "Computer Construction and Display of Molecular Models", film.
13. E. E. Zajac, "Computer-Made Perspective Movies as a Scientific and Communication Tool," *Comm ACM*, 7, no. 3 (March 1964).
14. E. E. Zajac, "Two-gyro, Gravity Gradient Attitude Control System," Bell Telephone laboratories, film.
15. S. Vanderbeek, J. H. Whitney, Einige mit Hilfe des Computers hergestellte Zeichentricksfilme.
16. Design and the Computer. *Design Quarterly* 66/67, Walter Art Center, Minneapolis.
17. A. M. Noll, "The Digital Computer as a Creative Medium," *IEEE Spectrum*. October 1967.
18. J. Reichardt. *Cybernetic Serendipity, the Computer and the Arts*, Studio International, London and New York 1968.
19. F.I. Parks, "Computer Generated Animation of Faces," *Proceedings of the AMC*, August 1972.
20. Ronald J. Hackathorn, "Anima II: A 3-D Color Animation System." *Computer Graphics* 11, no. 2 (Summer 1977).

02.

КУРЬЕЗЫ НУМЕРОЛОГИИ И ИСКУССТВО В КРАТКОМ И ОБЩЕДОСТУПНОМ ИЗЛОЖЕНИИ

