

№ 4 СОДЕРЖАНИЕ:

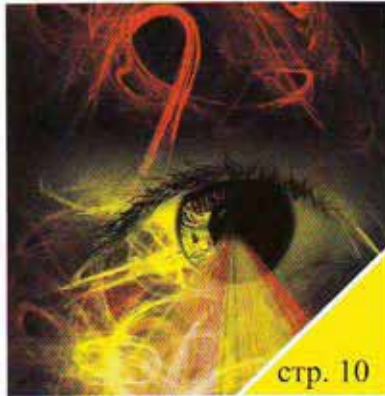


стр. 2

Новости, обзоры

Выставки и семинары

2



стр. 10

Вопросы теории

В. Г. Комар, С. Г. Озеров

Получение многокурсного изображения из двухкурсного

5

Г. Г. Голенко

Парадигмы зрения от Эвклида-Кеплера и Аль-Хазена до нашего времени

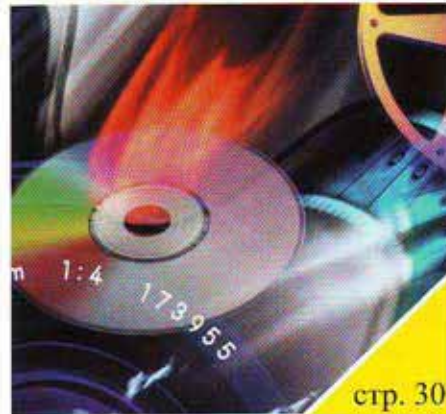
10

Технологии

В. А. Ванин

Изобразительная голография – ретроспективный обзор

17



стр. 30

А. В. Барский

Компьютерная технология рисунка и её применение

23

Доклады

В. А. Сычев

Цифровое архивирование фильмовых материалов как репродукционный процесс

27

Мастер-класс, семинары, новости SMPTE, отзывы

Л. Ф. Артюшин

Свет и цвет

30

А. Э. Шрайбман

Тенденции развития микрофонов

34

Ю. А. Василевский

О состоянии и перспективах применения магнитной записи

38

А. С. Блохин, Р. Б. Ефименков

Оценка качества изображения в цифровом кино. Перевод статьи из журнала SMPTE

44

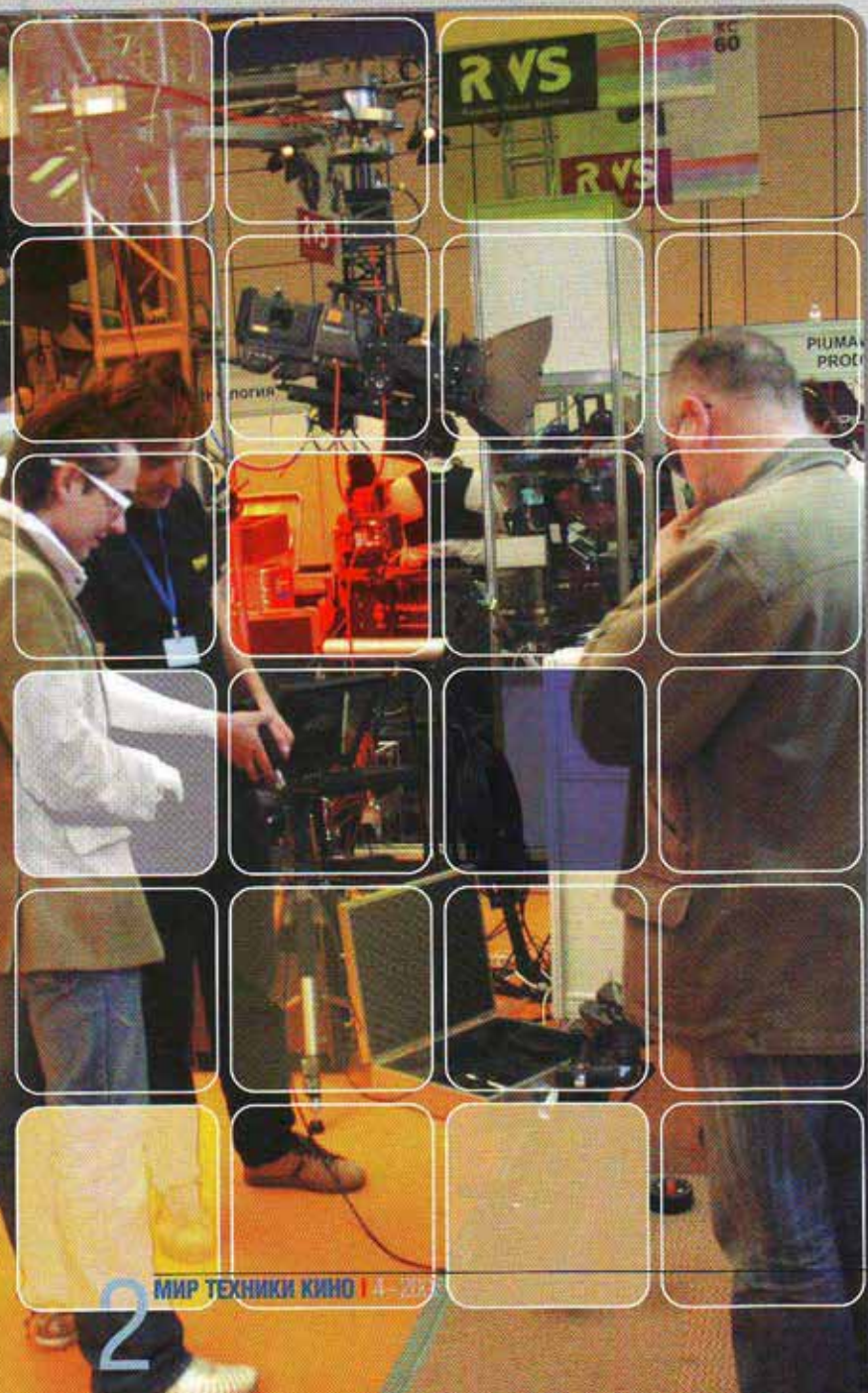
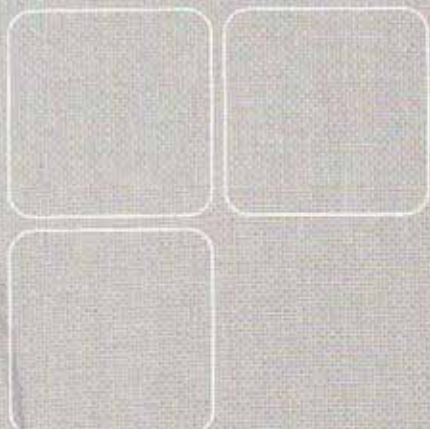


стр. 38



ВЫСТАВКИ, СЕМИНАРЫ, КОНФЕРЕНЦИИ

Март-май 2007



О. Костылев,
руководитель проекта

С 28 по 31 марта в Центре международной торговли (г. Москва, Краснопресненская набережная, 12) состоялась 4-я специализированная выставка услуг для кино- и телепроизводства CPS (Cinema Production Service). За четыре года существования выставка CPS зарекомендовала себя на российском рынке кинопроизводства как лучшая площадка для объединения усилий и поиска общих интересов продюсеров, творческих кадров и производителей кинотехники отрасли.

Подтверждением делового статуса выставки стала поддержка проекта Гильдией продюсеров России. На выставке было представлено 86 участников из 13 стран мира. Многочисленные конференции, семинары и мастер-классы раскрыли широкий круг проблем. Выставка CPS-2007 дала возможность участникам процесса кинопроизводства максимально сэкономить время для получения информации о современных технологических и творческих решениях. В первый же день состоялась пресс-конференция Гильдии продюсеров России, в которой приняли участие Владимир Досталь (Президент гильдии), Александр Атанесян,

Ренат Давлетьяров, Михаил Зильберман, Федор Попов, Юрий Плечев и Сергей Семенов. Среди тем, затронутых на конференции, были вопросы производства цифрового кино и проблемы недостатка квалифицированных кадров для кинопроизводства, product placement и вопросы финансирования кинопроизводства, а также ряд других.

В ОАО НИКФИ возобновились коллоквиумы.

20 марта прошел коллоквиум на тему: «Сканер-70». Работы по изготовлению сканера-70 ведутся в НИКФИ уже два года и находятся в стадии завершения. Участники коллоквиума обсудили результаты работы и отметили их актуальность.

4 апреля прошел очередной коллоквиум. Тема: «Выработка критериев перевода фильмовых материалов в цифровую форму и необходимые работы для их осуществления». Докладчик — рук. лаб. НИКФИ к.т.н. А.С. Блохин. Работа проводится в содружестве с Госфильмофондом РФ. О том, как сохранить уникальные фильмокопии, которые со временем стареют, теряют эластичность, осыпаются, а от эксплуатации приобретают царапины, потертости и др. дефекты, говорили многие выступающие. Этот вопрос сейчас для всех нас очень важен. Было принято решение о целесообразности проведения таких работ с обращением к руководству отрасли о продолжении их финансирования.

18 апреля в Госфильмофонде РФ прошел семинар, посвященный проблемам хранения фильмов и их перевода в цифровую форму. Присутствовали специалисты Федерального агентства по культуре и кинематографии, Госфильмофонда РФ, Красногорского архива, ОАО НИКФИ, дилеры, торгующие сканерами. Генеральный директор Госфильмофонда РФ Н.М. Бородачев определил направление работы семинара. Далее получили слово представители, торгующие фильм-сканерами. За ними выступили от ОАО НИКФИ зам. директора к.т.н. Н.С. Ковалевская, к.т.н.А.С. Блохин, к.т.н.В.А. Сычев, Д.Г. Чекалин и к.т.н. А.С. Городников. Основной предмет обсуждения — различия между технологией

В ближайшие годы существенно возрастет производство 3D-фильмов



В течение ближайших нескольких лет существенно возрастет число 3D-фильмов, а также кинотеатров, оснащенных специальными проекторами и экранами, необходимыми для их показа.

Об этом свидетельствуют планы компаний, которые занимаются производством фильмов, и положительная реакция зрителей на 3D-кино. В частности, фильм «В гости к Робинсонам», премьера которого состоялась 30 марта, собрал за первые выходные 21,1 млн. долл. Больше четверти этого дохода принесли показы в более чем пятистах 3D-кинотеатрах. Всего в США насчитывается около 700 3D-кинотеатров, и их число продолжает расти, несмотря на достаточно дорогое оборудование — 17 тыс. долл. По прогнозам, к 2009 году число 3D-кинотеатров в мире вырастет до 6 тысяч. Многие известные режиссеры, в том числе Джеймс Камерон, Роберт Земекис и Питер Джексон, уже ведут работу над новыми 3D-фильмами. По слухам, компания Walt Disney уже работает над продолжением «Истории игрушек» в 3D. В середине марта студия Dream Works Animation сообщила о своем намерении создавать все фильмы в 3D с самого начала, а не визуализироваться на этапе пост-обработки, как это было сделано в большинстве проектов, которые сегодня демонстрируются в 3D-кинотеатрах. По мнению Dream Works, новый подход к созданию фильмов должен расширить возможности создания сценариев и позитивно повлиять на конечный продукт. В Dream Works говорят, что до сих пор показ фильма в 3D был неким бонусом, и аудитории пока неизвестен весь потенциал этой технологии. Первым фильмом, который будет создан согласно новой концепции станет «Monsters vs. Aliens», рассказывающий о существах с секретной военной базы, которые занимаются спасением планеты. Фильм появится на экранах в середине 2009 года.

Для студий и кинотеатров технология показа фильмов в 3D — это настоящее спасение от новейших систем домашних кинотеатров и от «пиратов», делающих экранные копии при помощи видеокамер. 3D-кинотеатры выгодны также компаниям, организовывающим показы, поскольку, по прогнозам, цена на билет в таком кинотеатре может отличаться от цен на обычное кино на 50 процентов. Сегодняшняя технология показа 3D-фильмов более совершенна, чем та, которая использовалась в 50-х годах прошлого века. Ранее на экран проектировалось два изображения, для каждого глаза. Зритель должен был надевать очки с красными и синими стеклами, чтобы воспринимать 3D-картинку. Сегодня в 3D-кинотеатрах также нужно надевать очки, но в них используются специальные поляризованные линзы, которые разделяют стереоизображения, проектируемые на специальные экраны. Такие экраны покрыты оксидом серебра, что дает возможность вызвать направленное отражение света. Для показа фильма используются цифровые проекторы, в которых информация хранится на жестком диске.



кинематографа и телевидения в форматах представления соответствующей цифровой информации. В конце семинара все сошлись во мнении, что необходимо провести научные исследования, выявляющие, какие условия должны определять выбор фильм-сканера и по каким критериям необходимо переводить фильм-материал в цифровую форму.

Такие работы уже ведутся в ОАО НИКФИ. Подробно о них читайте на страницах журнала.

С 17 по 19 мая в Доме творчества кинематографистов «Репино» (г. Санкт-Петербург) прошла 4-ая ежегодная научно-техническая конференция по теме: «Современные технологии в кинематографе». Организаторами конференции были: Санкт-Петербургский университет кино и телевидения, Федеральное агентство по культуре и кинематографии, Гильдия кинотехников СК РФ, Гильдия кинотехников Санкт-Петербургского государственного отделения СК РФ, ОАО НИКФИ. С вступительным словом выступил Ректор СПбГУКиТ д.т.н., профессор Белоусов Александр Антонович. Был заслушен 21 доклад. Активную дискуссию вызвал доклад Н. Дворко (профессор СПбГУКиТ, зав. кафедрой интерактивного искусства, доктор искусствоведения): «Интерактивные цифровые медиа: развитие новых художественных форм экранного повествования». Главной темой стал вопрос хранения и перевода фильмо-материала в цифровую форму. С докладами на эту тему выступили: от ОАО НИКФИ А. Блохин (Исследование необходимых и достаточных параметров оцифровки

архивных материалов), и от СПбГУКиТ, А. Варламов, д.т.н. (О ближайших перспективах использования полимерных материалов для записи и хранения информации) и А. Перегудов, д.т.н., профессор (Использование магнитных лент ЛТО для архивного хранения оцифрованных киноматериалов). Разговор был продолжен за «круглым столом».

С 11 по 14 июля в г. Санкт-Петербурге пройдет 2-ой Международный форум «Российское Кино». Заявлено около 200 участников.

С 4 по 7 сентября в г. Санкт-Петербурге пройдет очередная Международная выставка КИНО ЭКСПО 2007.



Круглый стол в «Репино»



Открытие семинара в Госфильмофонде



Получение многокурсного изображения

ИЗ ДВУХРАКУРСНОГО, СНЯТОГО ДВУМЯ ОБЪЕКТИВАМИ КАМЕРЫ В СИСТЕМЕ СТЕРЕОСКОПИЧЕСКОГО КИНЕМАТОГРАФА

В. Г. Комар, д.т.н., профессор, ОАО НИКФИ,
С. Г. Озеров, аспирант
МГУ им. М.В. Ломоносова

Применяемые в настоящее время системы стереоскопического кинематографа имеют существенные недостатки. Многим зрителям не нравится надевать во время сеанса очки, поляризующие свет. Зритель часто не понимает, но «чувствует», что изображение на экране искажается и выглядит неестественным, когда он даже немного смещает вправо или влево свою голову, пытается оглядывать предметы. При этом близко расположенные к зрителю виртуальные предметы смещаются по отношению к удаленным предметам в направлении прямо противоположном тому, как это происходит в жизни.

Эти и другие недостатки препятствуют более широкому применению стереоскопического кинематографа, вопреки тому, что кинематограф этого вида обладает весьма эффектными изобразительными возможностями.

Безочковая растровая система стереоскопического кинематографа, изобретенная С. П. Ивановым и практически применявшаяся в стране в сороковые, пятидесятые и шестидесятые годы, несмотря на достоинства (отсутствие очков), все же прекратила свое существование из-за весьма серьезного недостатка – необходимости соблюдать в кинотеатре утомительное неподвижное положение во время всего сеанса.

В середине 90-х годов XX века в НИКФИ были начаты работы по созданию многокурсного безочкового цифрового кинематографа, который не имеет перечисленных выше недостатков стереоскопического кино [1]. Первая экспериментальная многокурсная безочковая

цифровая установка, подтвердившая правильность ряда ключевых принципов многокурсных систем, имела существенный недостаток. Съемка производилась одновременно 8-ю съемочными объективами камеры, что усложняло установку и не позволяло сохранить целый ряд важных операторских приемов съемки, широко используемых в современном кинематографе.

В связи с этим совместно в НИКФИ и в МГУ им. М. В. Ломоносова были проведены работы по математической обработке двухкурсного (одностереопарного) изображения, снятого двумя объективами камеры с целью получения множества изображений промежуточных ракурсов. Сначала нами были опробованы способы, широко применяемые в телевидении для сжатия передаваемых сигналов, когда между собой сравниваются укрупненные участки изображения, состоящие из достаточно большого числа пикселей одинакового цвета [2-7]. Однако качество изображений получалось невысокое.

В 2006 г. авторами был разработан алгоритм, а затем компьютерная программа, которая позволяет получать синтезированные изображения промежуточных ракурсов значительно более высокого качества.

Этот алгоритм отличается от других известных алгоритмов компьютерных программ математической обработки изображений следующими особенностями:

1) сравнение изображений, снятых левым и правым объективами, производится попиксельно, а не между

участками изображения, образованными группой пикселей, близких по своим параметрам (по цвету, яркости), что обеспечивает более высокое качество результирующего изображения,

2) сравнение изображений, снятых левым и правым объективами, производится только построчно, т.е. сравниваются пиксели одноименных строк соответствующих одному и тому же фрагменту, снятой сцены, а не пиксели строк изображений разных фрагментов сцены, что также обуславливает повышение качества результирующего изображения,

4) программа рассчитана на применение, кроме двух основных объективов съемочной камеры, еще третьего контрольного объектива, изображение которого позволяет повысить точность определения одноименных левого и правого пикселей, т.е. соответствующих одному и тому же фрагменту снятой сцены,

5) предусматривается обработка нескольких групп строк каждого кадра, которая увеличивает скорости получения изображений промежуточных ракурсов.

При математической обработке изображений может достигаться высокая точность: до одной строки, до

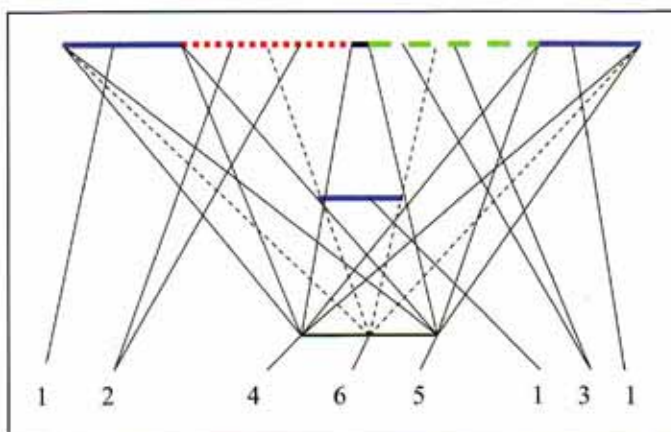


Рис.1 Участки сцены, снятой киносъемочной камерой с двумя основными и одним контрольным объективами

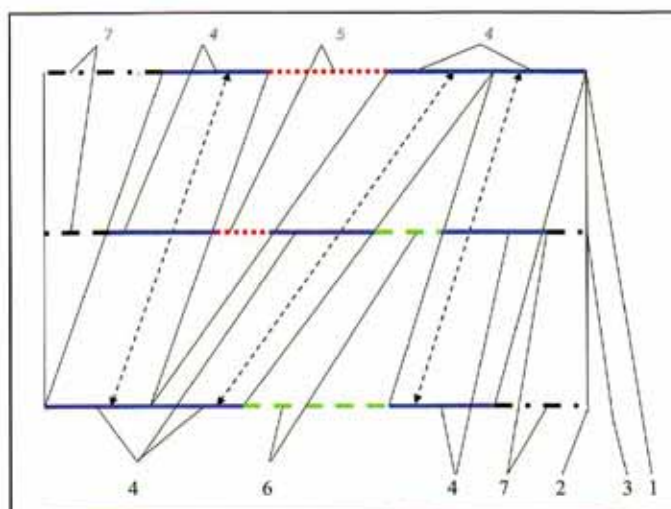


Рис.2 Участки изображения, снятые одновременно двумя и только одним левым или правым объективом

одного пиксела в строке, до одного уровня каждой из трех координат цвета (красной, зеленой и синей). Для такой высокой точности требуется соблюдение дополнительных требований к процессу киносъемки.

Требования к процессу киносъемки и к киносъемочной камере для многокурсного кинематографа

Перед киносъемкой каждой сцены предварительно устанавливаются и снимаются на сцене три светящихся знака с целью определения в дальнейшем оптимальных условий работы компьютерного устройства, обеспечивающих получение более высокого качества и большей скорости обработки изображения.

Первый знак устанавливается в плоскости «рампы», т.е. в плоскости, сопряженной с плоскостью проекционного экрана в кинотеатре. Второй знак устанавливается в плоскости, где будет находиться ближайший к съемочной камере объект съемки. Третий знак устанавливается на расстоянии, на наиболее удаленном от камеры участке сцены. Изображения этих знаков, введенных в компьютерное устройство, позволяют определить диапазон координат пикселей, в котором сравниваются пиксели изображений одного и того же фрагмента сцены, снятых разными объективами камеры.

Для обеспечения высокой точности математической обработки съемочная камера должна иметь совершенно одинаковые характеристики передачи изображения по трем каналам записи изображения. Оптические оси объективов должны лежать в одной плоскости. В номинальном режиме съемка осуществляется при параллельных оптических осях объективов.

Определение трех основных видов участков изображений, снятых: (1) двумя объективами, (2) только одним левым и (3) только одним правым объективами

На первом этапе в компьютерном устройстве сравниваются изображения трех светящихся точечных знаков, снятых перед основной съемкой сцены. Если на экране устройства указывается, что расхождение равно одному или более пикселей, то программой предусматривается корректировка изображений, устраняющая это расхождение.

Трудность получения изображения промежуточного ракурса из двух снятых изображений разных ракурсов связана с тем, что, как правило, множество удаленных от съемочной камеры участков сцены оказываются снятыми только одним объективом, так как для второго объектива они заслонены предметами, расположенными на более близком расстоянии от камеры.

На рис. 1 показана простейшая схема съемки, иллюстрирующая эту особенность. На данном рисунке: 1 – участки сцены, снятые двумя основными объективами (левым – 4 и правым – 5); 2, 3 – участки сцены, снятые,

соответственно, только левым объективом (4) и только правым объективом (5), из-за заслонения этих участков впереди расположенным предметом; 6 – третий контрольный объектив камеры, который непосредственно не формирует изображений промежуточного ракурса, он служит для того, чтобы повысить точность математической обработки изображений, что необходимо особенно для сложных сцен.

На рис. 2 показано расположение изображений трех видов участков сцены по одноименным строкам светочувствительных матриц. Здесь 1, 2, 3 – строки изображений, снятые, соответственно: левым, правым и контрольным объективами; 4 – участки изображения, снятые одновременно левым и правым объективами; 5, 6 – участки изображения, снятые, соответственно, только левым и только правым объективами; 7 – краевые участки изображения, снятые только одним левым или правым объективом.

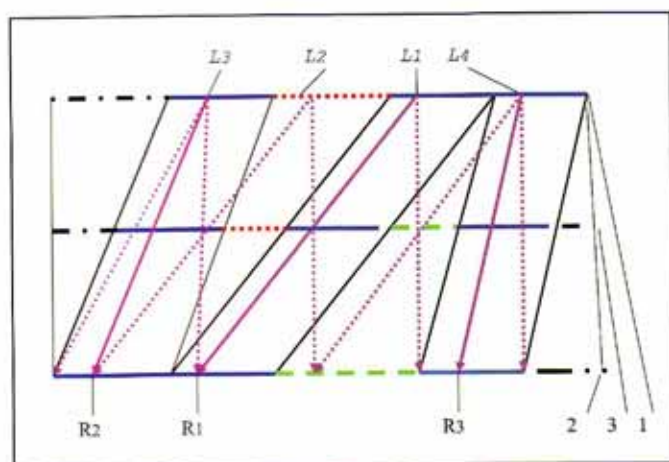


Рис. 3 Сравнение цвета пикселей левой строки с пикселями правой и контрольной строк.

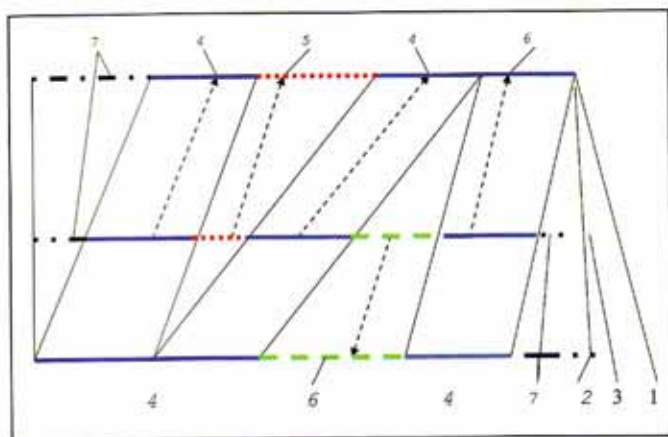


Рис. 4 Схема формирования изображения промежуточного ракурса. 1, 2, — левая и правая строки снятых изображений; 3 — строка изображения промежуточного ракурса; 4 — участки изображения, соответствующие фрагментам сцены, снятым двумя объективами; 5, 6 — участки изображения, снятые, соответственно, только левым и только правым объективами; 7 — краевые участки изображения, снятые одним объективом и не используемые для получения изображений промежуточного ракурса

На данном рисунке каждой стрелкой отмечены три пиксела, соответствующие одному и тому же элементу снятой сцены, которые расположены на трех одноименных строках левого, правого и контрольного изображений.

Важнейшей операцией является определение и запоминание парных пикселей, одного левого и второго правого изображения, которые соответствуют фрагментам сцены, снятым одновременно двумя объективами камеры. Для этой цели, прежде всего, запоминаются координаты каждого пиксела (расстояние от начала строки в пикселах), номер строки, три координаты цвета (цветовые уровни красной, зеленой и синей составляющих цвета).

Далее одна из строк, например левая, принимается как основная и на ней выбирается посреди строки первый пиксел (L_1 , рис. 3). Затем цвет этого пиксела сравнивается последовательно с цветом пикселей левой половины правой строки (R) и соответствующим пикселом контрольного изображения. Таким образом определяется разница в цвете между левым, правым и контрольным пикселями, которая математически выражается как сумма квадратов трех разностей уровней интенсивности отдельно красных, зеленых и синих составляющих цвета. Если разница в цвете не превышает установленного предела, то два пиксела фиксируются как кандидаты в парные пиксели.

Далее производится сравнение соседнего левого пиксела L_2 с правыми пикселями в ранее установленном диапазоне, зависящем от глубины сцены аналогично тому, как это было ранее выполнено при сравнении с пикселом L_1 .

Затем аналогичным образом производится сравнение последовательно всех левых пикселей (включая L_2) с правыми пикселями (включая R_1, R_2) в диапазоне сравнения.

На рис. 3 показана схема сравнения пикселей левого изображения с пикселями правого и контрольного изображений для определения участков изображения, снятых двумя объективами.

Таким образом, создается массив кандидатов в парные пиксели, многие из которых оказываются ложными, несмотря на то, что в каждой ложной паре они мало отличаются один от другого по цвету, но соответствуют разным фрагментам снятого изображения. Для того, чтобы исключить из этого массива ложные пары, применены: динамическое программирование и индуктивный метод минимизации суммарной разницы по цвету массива кандидатов в парные пиксели. При этом сравниваются между собою кандидаты в пары пикселей, которые имеют общие правые пиксели, и исключаются из них все пары (кроме одной), имеющие общие правые пиксели. Исключение этих пар приводит к меньшему снижению суммарной разницы цвета массива, чем одной пары, которая фиксируется как состоящая из парных пикселей. Такой способ позволяет определить пары пикселей, в которых

соблюдается важнейшее требование: по мере увеличения координаты левого парного пиксела в паре всегда увеличивается и координата правого парного пиксела.

После того, как математически обработана часть строк слева от начальной точки L_1 , производится аналогично обработка части строк справа от L_1 . Разбивка строк на две части позволяет ускорить математическую обработку изображений, что имеет важное практическое значение.

В результате сравнения пикселей левой и правой одноименных строк определяются парные пиксели, т.е. участки левого и правого изображений, соответствующие фрагментам сцены, снятыми одновременно двумя объективами. Остальные части строк определяются как участки непарных пикселей, соответствующие фрагментам сцены, снятыми только одним из объективов.

Получение синтезированных изображений промежуточного ракурса из снятых изображений, разделенных на участки парных и непарных пикселей

На рис. 4 показана схема (соответствующая рис. 1, 2) непосредственного формирования изображения промежуточного ракурса из двух изображений сцены, снятых камерой в различных ракурсах. Этот процесс заключается в том, что координаты цвета каждого пиксела изображения промежуточного ракурса принимаются равными координатам цвета соответствующего пиксела исходного изображения.

На схеме формирования изображения промежуточного ракурса: 1, 2 – левая и правая строки исходных изображений; 3 – строка изображения промежуточного ракурса; 4 – участки изображения, соответствующие фрагментам сцены, снятым двумя объективами; 7 – краевые участки изображения, снятые одним объективом и не используемые для получения изображений промежуточного ракурса.

При этом соблюдаются следующие формулы. На участках (4) изображений фрагментов сцены, снятых двумя объективами, координата (расстояние от начала строки в пикселах) искомого пиксела (X_L^*) исходного изображения равна:

$$X_L^* = X_{LB} + (X_i - X_{IB})(X_{LS} - X_{LB}) / (X_{IS} - X_{IB}) \quad (1)$$

Здесь X_i – координата данного пиксела изображения промежуточного ракурса; X_{LB} , X_{LS} – координаты начала и конца участка изображения промежуточного ракурса;



Рис. 5А. Исходное изображение, снятое левым объективом.

Коэффициент ракурса $K = 0$

Рис. 5В. Исходное изображение, снятое правым объективом.

Коэффициент ракурса $K = 100$

X_{LB} , X_{LS} – координаты начала и конца участка левого изображения.

На участках (5, 6) изображений фрагментов сцены, снятых только одним объективом, координаты искомого пикселей (X_L^{**} , X_R^{**}) равны:

$$X_L^{**} = X_I - X_{IB} + X_{LB} \quad (2)$$

$$X_R^{**} = X_I - X_{IS} + X_{RS}$$

Здесь X_{LB} , X_{RS} – координаты (расстояние от начала строки в пикселах) начала участка (5) и конца участка (6) левого и правого изображений фрагментов сцены, снятых только одним левым или одним правым объективом.

Количественно ракурс промежуточного изображения выражается коэффициентом ракурса K :

$$K = 100 L_I / L_V \quad (3)$$

Здесь L_V – базис съемки, расстояние между оптическими осями двух объективов камеры при съемке; L_I – расстояние между оптической осью левого объектива съемочной камеры и оптической осью виртуального объектива камеры, соответствующего ракурсу изображения промежуточного ракурса.

Экспериментальная проверка алгоритма

Экспериментальная проверка разработанного алгоритма и соответствующей программы КО-1 еще не закончена в полной мере, так как пока не изготовлены камера и компьютерное устройство, удовлетворяющие необходимым требованиям. Однако выполненная съемка в приближенных условиях и синтез значительного числа изображений показали положительные результаты проведенной разработки. В качестве примера на рис. 5 показаны кадры сцены, снятой двумя объективами в двух разных ракурсах и полученные из них по программе КО-1



Рис. 5С. Синтезированное изображение промежуточного ракурса.
Коэффициент ракурса $K = 25$

Рис. 5D. Синтезированное изображение промежуточного ракурса.
Коэффициент ракурса $K = 50$

синтезированные изображения промежуточного ракурса. Для наглядности различия в ракурсах здесь показаны изображения с очень большой разницей в ракурсах, что соответствует несколько более жестким условиям в отношении качества изображения, чем в стереоскопическом кинематографе.

Авторы благодарят профессора Kyung-tae Kim (университет Наппат, Республика Корея), от которого получены исходные изображения и с которым проводились совместные работы в данной области до выполнения данной разработки.

Особенности разработанного алгоритма для получения множества изображений промежуточного ракурса из двухракурсного изображения

Одна из важных особенностей синтеза многоракурсного изображения из двухракурсного обуславливается тем, что большое число участков сцены оказываются снятыми только одним объективом и поэтому в исходном изображении отсутствуют бинокулярные признаки трехмерного расположения этих участков. В то же время часть таких участков изображения уже в промежуточном ракурсе наблюдается двумя глазами. Поэтому при синтезе необходимо выбрать определенное смещение между левым и правым изображениями. В разработанном алгоритме это смещение выбрано таким, как у изображений смежного, удаленного, снятого двумя объективами фрагмента снимаемой сцены. Возникающие при этом искажения в большинстве случаев не замечаются зрителями, так как при этом чаще всего при формировании в мозгу человека трехмерного изображения доминируют монокулярные признаки.

Скорость определения парных пикселей (при принятой попиксельно обработке изображения, обеспечивающей более высокое качество синтезированного изображения) при применении разработанного алгоритма в кинематографии требует сравнительно сложного

компьютерного устройства для одновременной высокоскоростной обработки нескольких групп строк.

Поэтому в НИКФИ и МГУ им. М. В. Ломоносова ведется разработка дополнительных операций алгоритма, в частности метода «каркасного» определения парных пикселей, что может на несколько порядков ускорить процесс синтеза изображения промежуточного ракурса.

Литература:

1. Комар В. Г., Сон Д. Ю., Сабо С. А., Майоров В. П. и др. Трехмерная цветная телевизионная многоракурсная безочковая система. Техника кино и телевидения, №4, 1998.
2. Emanuele Trucco, Alessandro Verri. Introductory Techniques for 3-D Computer Vision. Prentice Hall, Inc., 1998.
3. Open Computer Vision Library Reference Manual, <http://www.cs.unc.edu/Research/stc/FAQs/OpenCV/OpenCVReferenceManual.pdf>.
4. A. R. Mansouri, J. Konrad. Bayesian Winner-Take-All Reconstruction of Intermediate Views from Stereoscopic Images, IEEE Transaction on Image Processing, Vol. 9. №10. October 2000. p. 13.
5. G.-Q. Wei, W. Brauer, G. Hirzinger. Intensity- and Gradient-Based Stereo Matching Using Hierarchical Gaussian Basis Functions. IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, Vol. 20. №11. November 1998. p. 1143-1160.
6. J. Chai, S. D. Ma. Robust epipolar geometry estimation using genetic algorithm. Pattern Recognition Letters. Vol.19. 1998. p. 829-388.
7. A. Lukyanitsa. Effective Algorithm for Reconstruction of Intermediate Views from Stereopair. Graphicon 2006 Conference Proceedings.
8. Dimitri P. Bertsekas. Dynamic Programming and Optimal Control. 2nd ed. Athena Scientific. 2000.



ПАРАДИГМЫ ЗРЕНИЯ

ОТ ЭКВЛИДА-КЕПЛЕРА
И АЛЬ-ХАЗЕНА ДО
НАШЕГО ВРЕМЕНИ

ЧАСТЬ 2

Г. Г. Голенко, к.т.н.,
Генеральный директор ОАО «Спейс Вижн»

В связи с определением экспериментального горютера, возникает естественное предположение о неевклидовости перцептивного бинокулярного пространства. Здесь необходимо отметить эксперименты Хиллебранда (1902), Блюменфельда (1913) и Грехема (1965) (рис.12), которые показали, что при выстраивании испытуемым аллеи из штырей с заданием расположить штыри параллельно и равноудалено, результаты получились разными, что свидетельствует о неевклидовости бинокулярного пространства. Бланк (1953, 1957, 1958) в Колумбийском университете, США, предложил испытуемым расположить источники света так, чтобы они были равноудалены как между собой, так и от испытуемого. В том случае, если бы угол от испытуемого на источники света составил бы 60° , то перцептивное зрительное пространство следовало бы признать евклидовым. Если бы данный угол оказался большим, то следует признать пространство римановым. В эксперименте у одного испытуемого был получен угол в $39,5^\circ$, у другого – $37,8^\circ$. По результатам эксперимента был сделан вывод, что перцептивное бинокулярное пространство имеет геометрию Лобачевского с отрицательной кривизной (по [2]).

Таким образом, гороптер Вайс-Мюллера может быть интерпретирован как естественная евклидова мера (репер) в неевклидовом перцептивном бинокулярном зрительном пространстве, а гороптер Геринга-Хиллебранда – как попытку объяснения неевклидовости бинокулярного пространства асимметрией расположения корреспондирующих точек на сетчатке.

Рассмотренные выше гороптеры Вайс-Мюллера и Геринга-Хиллебранда являются плоскими, расположенными в визуальной плоскости. Напомню читателю, что гороптер представляет окружность, проходящую через оптический центр глаз и точку фиксации. В этом случае все точки гороптера являются корреспондирующими. В 1866 году фон Гельмгольц, рассматривая меридиальные (т.е. проходящие через фовеа) ретинальные сечения корреспондирующих точек, открыл пространственный срединный гороптер, рис. 13 [11] в виде линии, расположенной в вертикальной плоскости, проходящей через сагиттальное (анат.) сечение человека. В зависимости от отклонения направления фиксации от главного бинокулярного направления «прямо перед собой», изменяется наклон линии срединного гороптера. В той же классической работе Гельмгольц открыл пространственный гороптер ближнего плана при асимметричном расположении точки фиксации вне окружности Вайс-Мюллера.

Согласно Гельмгольцу, пространственный гороптер представляет пространственную линию, одновитковую спираль, расположенную на цилиндре, основанием которого является окружность Вайс-Мюллера, причем спираль содержит только восходящую и нисходящую ветви, асимптотой которых является срединный гороптер, расположенный по главному бинокулярному направлению на окружности Вайс-Мюллера. На рис. 14 представлен оригинал из [11] азимутальной развертки гороптера Гельмгольца (сплошная линия). Курсивом обозначен след сечения цилиндра визуальной плоскостью, проходящей через точку фиксации *a*, точки *b* и *c* соответствуют оптическим центрам глаз, линии *gg* и *hh* соответствуют срединному гороптеру, взгляд направлен вниз, в соответствии с рис. 13. На рис. 15 *a*, *б* представлены трехмерные изображения срединного и пространственного гороптеров

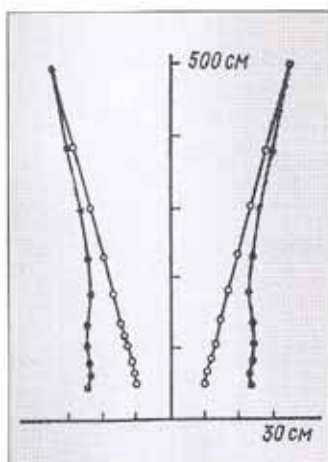


Рис. 12. Результаты эксперимента со зрительными аллеями (по Грехему, 1965, из [2]).
○ – с равноудаленными аллеями,
● – с параллельными аллеями

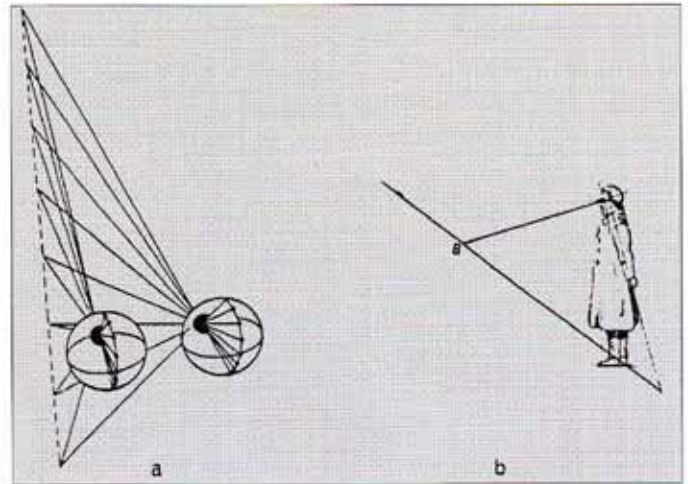


Рис. 13. Срединный пространственный гороптер Гельмгольца.

a – ретинальные корреспондирующие меридиальные сечения глаз;
б – срединный гороптер при фиксации точки В (линия, проходящая через точку фиксации и ноги), (по Гельмгольцу, 1866, из [3])

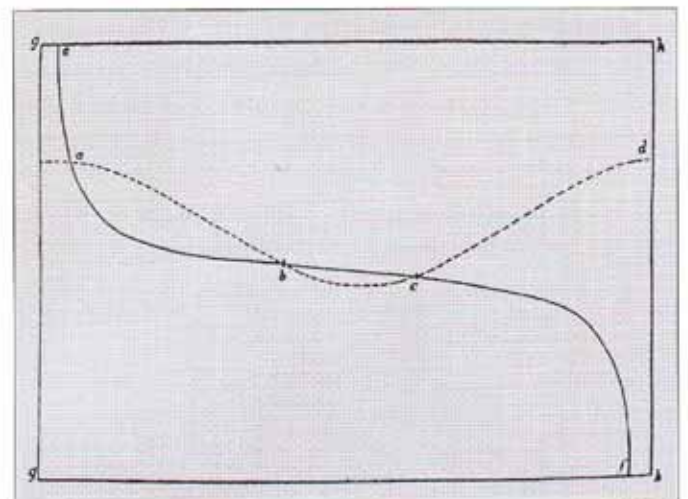


Рис. 14. Трехмерный гороптер Гельмгольца (азимутальная развертка) – сплошная линия, курсив – след сечения визуальной плоскостью и цилиндра, основанием которого является окружность Вайс-Мюллера. *a* – точка фиксации; *в*, *с* – оптические центры глаз [11]

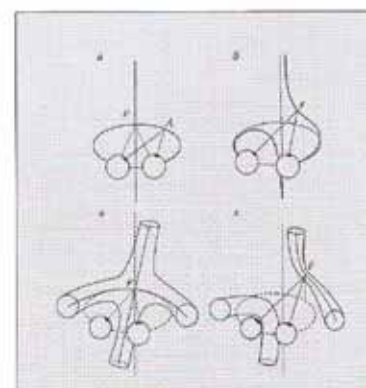


Рис. 15. Трехмерное представление пространственного гороптера Гельмгольца. *a* – теоретический гороптер при фиксации точки F по направлению «прямо перед собой» на окружности Вайс-Мюллера, А – текущая точка гороптера; теоретический гороптер при асимметричном расположении точки фиксации F вне окружности Вайс-Мюллера; *в*, *г* – соответствующие эмпирические гороптеры (Тайлер, Скотт, 1979, из [9])

Гельмгольца соответственно. Таким образом, к концу XIV – началу XX века были сформулированы только основные положения теории гороптера. Однако по замечанию Тайлера [3, с. 200] «эти достижения практически игнорировались».

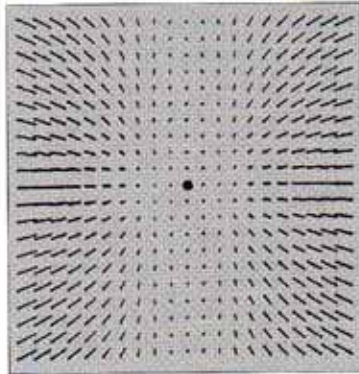


Рис. 16. Поле геометрических отклонений корреспондирующих ретинальных меридианов от ортогональной сетки при удалении зрительных направлений от точки фиксации. o – точка фиксации (Накаяма, 1977, [16])

Приведу цитату из Вудворта (1958) [14]: «Знание гороптера важно для полного математического анализа определенных аспектов восприятия глубины (Гельмгольц 1866, репринт 1924, Огл. 950), но для большинства из нас, к счастью, достаточно поверхностного знакомства с этим сложным вопросом». По мнению Валюса (1962) «Гороптер представляет собой по-

верхность сферы...», а окружность Вайс-Мюллера представляет «... гороптер в сечении его плоскостью рисунка». [15, с. 32].

В наше время Кристофер Тайлер и А. Скотт (1979) (по [3]), экспериментально подтвердили теоретические

результаты Гельмгольца (1866) по срединному и пространственному гороптерам, рис. 15 в, г.

Из приведенных данных следует, что эмпирические гороптеры имеют толщину, определяемую точностью эксперимента, наличием фронто-параллельной зоны, заметна фронтальная девиация Геринга-Хиллебранда и меридиональная девиация Накаямы (1977, [16]), рис. 16.

Автором данной статьи при проведении теоретических исследований проблемы бинокулярного плана [17] было проведено собственное исследование пространственного асимметричного гороптера.

Решение пространственного гороптера – достаточно сложная стереометрическая задача. Автором, посредством введения сопряженного гороптера (*alter ego*), рис. 17, удалось свести задачу к планиметрической. Вся совокупность точек пространственного гороптера находится посредством вращения сопряженного гороптера в визуальной (фронтальной) плоскости вокруг оси $h-h$ – срединного гороптера, общего для обоих гороптеров. Рассмотрен графоаналитический и аналитический метод расчета, получено и решено аналитическое уравнение пространственного гороптера:

$$l \operatorname{tg}(L \pm \beta) = r^* \operatorname{tg}(R^* \pm \beta^*),$$

л и б о

$$l^* \operatorname{tg}(L^* \pm \beta^*) = r \operatorname{tg}(R \pm \beta),$$

где l, l^* и r, r^* – удаления проекции текущих точек a_1, a_2 пространственного и сопряженного пространственного гороптеров на соответствующие окружности Вайс-Мюллера от оптических центров глаз *ego* и *alter ego* соответственно; L, L^* и R, R^* – углы склонения соответствующих главных зрительных направлений, отсчитываемых от соответствующих плоскостей окружностей Вайс-Мюллера; β, β^* – углы склонения идентичных зрительных направлений. Оптические центры левого (*ego*), правого (*alter ego*) и точки a_1, a_2 находятся в одной сагиттальной (анат.) плоскости, оптические центры глаз сопряженной геометрии и точки гороптера a_1, a_2 также находятся в одной сагиттальной плоскости. Сагиттальные плоскости фиксации для *ego* и *alter ego* разные. *Ego* и *alter ego* находятся в поле зрения друг друга.

Показано, что гороптер НЕ ИМЕЕТ асимптот, а представляет собой АСИММЕТРИЧНУЮ (относительно плоскости азимутальных направлений) ПАРАМЕТРИЧЕСКУЮ ПАРАБОЛУ, состоящую из двух ветвей 1 и 2, исходящих из точки m , в которой дискриминант квадратного (после соответствующих тригонометрических преобразований) уравнения равен нулю (рис. 18). При расположении точки фиксации вблизи срединного гороптера превышение ветви 2 несоизмеримо больше превышения ветви 1.

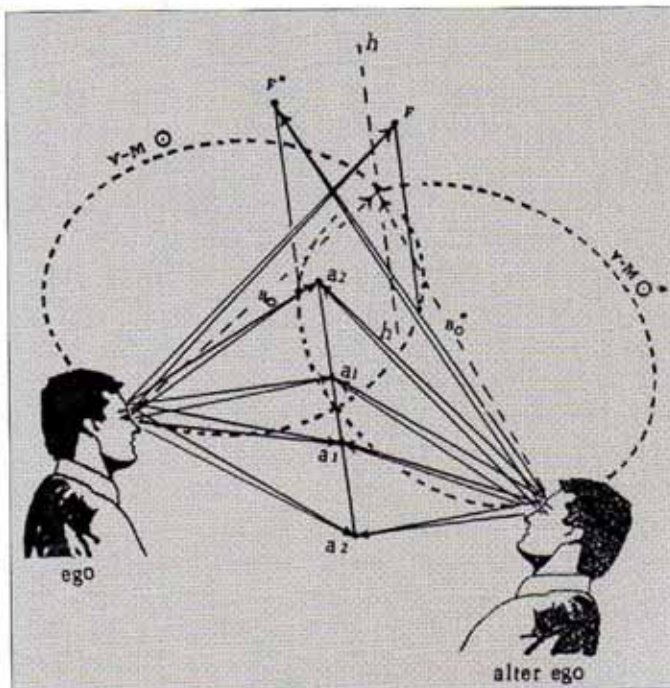


Рис. 17. К обоснованию методики построения пространственного гороптера – введение сопряженного гороптера (*alter ego*). $v-m \Theta, v-m \Theta^*$ – окружности Вайс-Мюллера, F, F^* – точки фиксации, $h-h$ – срединный гороптер, V, V^* – главные циклопические направления, a_1, a_2 – точки пространственного гороптера (Голенко, 2006)

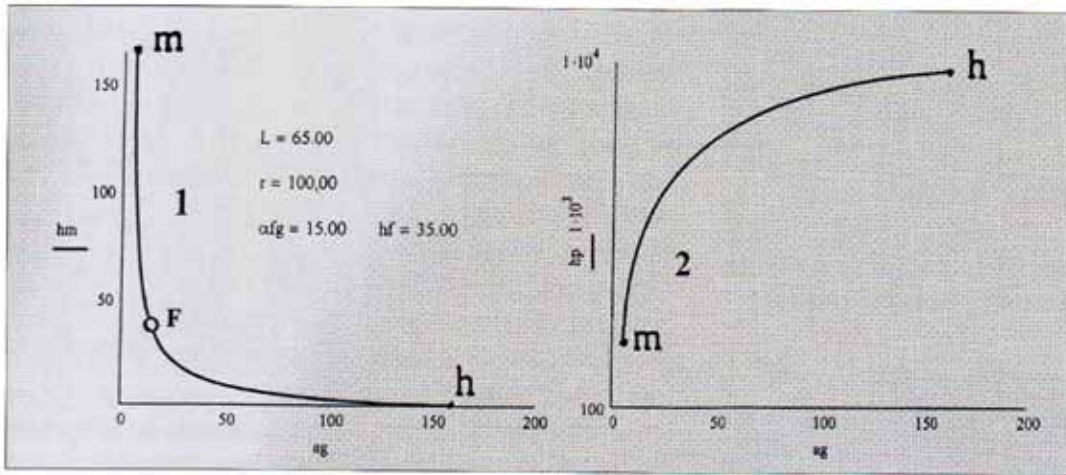


Рис. 18. Расчет двух ветвей пространственного гороптера. \circ – точка фиксации, глаз (правый) – справа по линии абсцисс, начало координат – направление «прямо-перед-собой», ось ординат – линейное превышение над визуальной плоскостью. Левая часть гороптера – центрально-симметрична началу координат (не показана) (Голенко, 2006 [17])

При латеральном (боковом) сдвиге точки фиксации от срединного гороптера превышение (по модулю) ветвей над точкой фиксации становится соизмеримым. На рис. 18 начало координат соответствует направлению V_0 , точка h ветви 1 – правому глазу его. На рис. 19, для сравнения, представлено трехмерное изображение гороптера в той же проекции, что на рис. 15 б.

Таким образом, введение сопряженного круга Вайс-Мюллера позволило до предела упростить аналитику, привело к открытию новой, ранее неизвестной ветви пространственного гороптера, разработан графоаналитический способ построения гороптера. В настоящее время автором готовится пространная публикация по гороптеру данного вида.

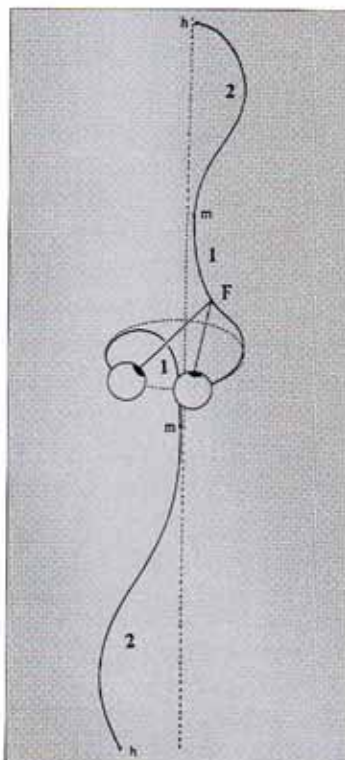


Рис. 19. Трехмерное представление пространственного гороптера. F – точка фиксации, m – точки максимального приближения пространственного гороптера к срединному гороптеру, h – точки с азимутальными координатами оптических центров глаз (Голенко, 2007)

по лучам зрения (например, ель и домик) сольются, естественно, чисто механически, в единый образ. Более наглядно закон Геринга поясняет стереограмма, рис. 21. Буква «Д», симметрично сдвинутая от центра к краям монокулярных полей, в бинокулярном пространстве окажется по центру. За счет привнесенной абсолютной диспаратности, буква «Д» воспринимается оторванной от фона.

Все стереограммы формируют стереопсис посредством привнесенной в них диспаратности, а бинокулярное пространство стереограмм формируется по закону Геринга (отклонения от закона Геринга будут рассмотрены ниже). Различают три основных типа стереограмм: контурные, случайно-точечные и автостереограммы.

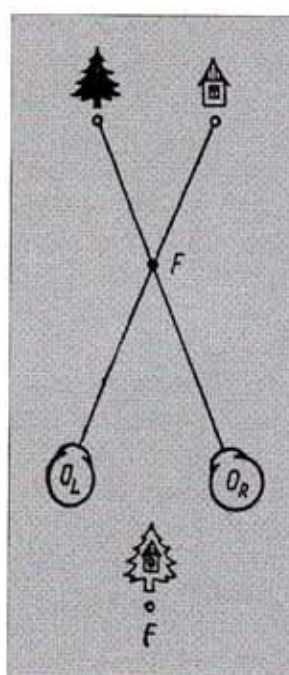


Рис. 20. Закон Геринга (из [2])

Контурные стереограммы (рис. 4,5 и 21-25) имеют понятный, читаемый монокулярный образ. Диспаратность в стереограмму может быть привнесена простым сдвигом кадровой рамки (рис. 21-22). В этом случае стереопсис проявляется в виде отрыва диспаратных элементов от рамки (фона). Диспаратность в стереограмму может быть введена искусственно, с учетом расположения точек объекта по глубине, в частности, на стереографе (рис. 23а) или получена методом двухракурсной стереосъемки (рис. 24а). В этом случае стереопсис наиболее ярко выражен в виде объемного изображения.

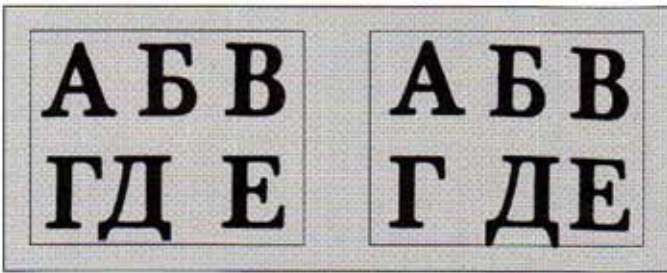


Рис. 21. Стереогамма, иллюстрирующая закон Геринга (из [2])

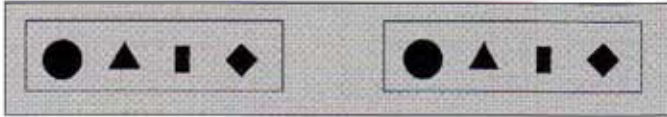


Рис. 22. Контурная стереогамма сдвига (из [2])

В разрабатываемой автором системе перцептивного объемного телевидения [1] диспаратность вносится посредством сдвига сформированных вдоль оси зрения идентичных плоских монокурсных (обычных) телевизионных изображений (планов) относительно экранной рамки. В этом случае, из-за пространственного параллакса планов, в каждый глаз попадают слегка сдвинутые (примерно, 10-12% от горизонтального размера экрана) изображения. Такой сдвиг иллюстрируют стереогаммы, рис. 23б, 24б. Стереопсис R-R стереогаммы (рис. 24б)

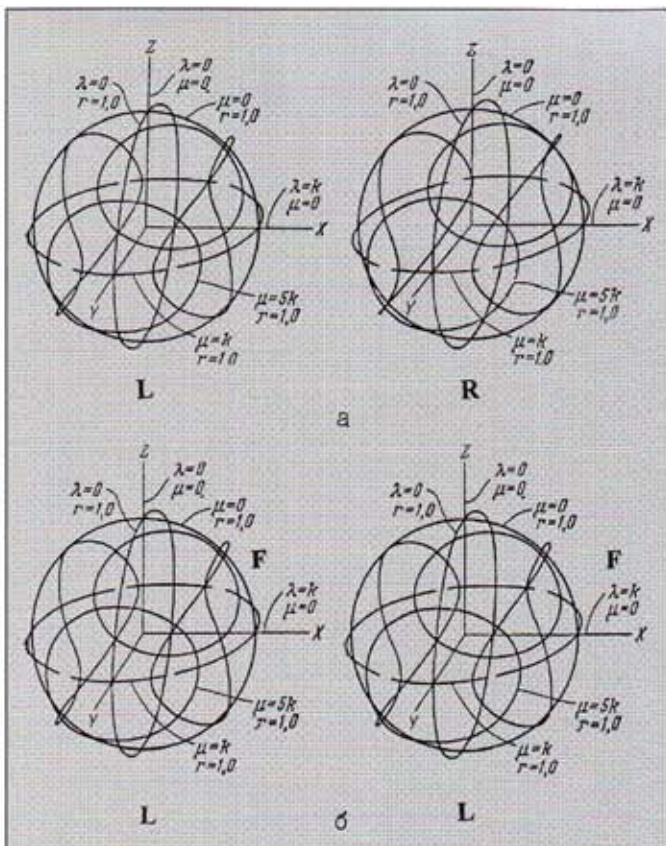


Рис. 23. Контурные стереогаммы, полученные на стереографе.
а – параллакс зависит от глубины точки объекта (из [15]);
б – параллакс привнесен сдвигом литеры «F» (авт.)

практически неотличим от стереопсиса L-R стереогаммы, рис. 24а. По принципу горизонтального сдвига двух идентичных телевизионных изображений в НИКФИ успешно функционировала монокурсная стереоскопическая видеопроекционная система, основанная на поляризационном очковом методе (Блохин, 1988, [19]). Интересно отметить, что стереопсис аналогичной L-L стереогаммы (рис. 23б) практически находится на уровне простейших стереогамм сдвига (рис. 20,21). Такое качественное отличие стереопсиса объясняется наличием в R-R стереогамме (рис. 24б) множества монокулярных признаков удаленности, что и позволяет зрительным подсистемам человека уверенно идентифицировать поступающую бинокулярную информацию как объемную.

Рассмотрим более детально процесс формирования единого бинокулярного пространства. Изначальной причиной такого процесса является волевой выбор точки

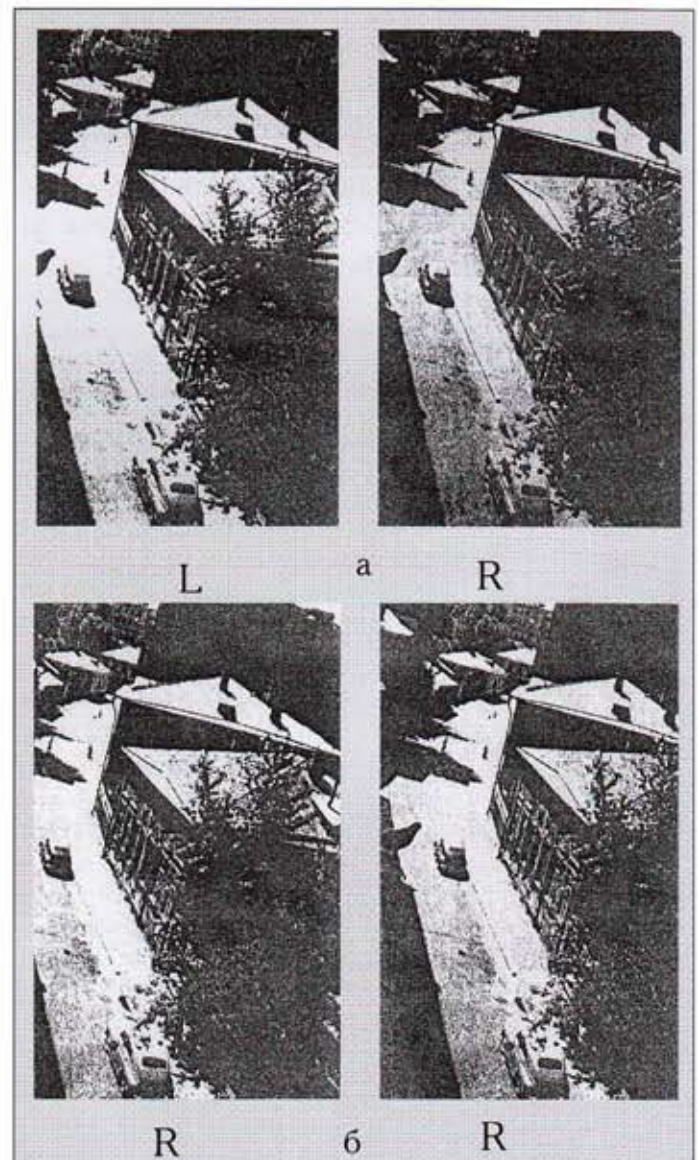


Рис. 24. Контурные фотостереогаммы.
а – биракурсная стереогамма (из [2]);
б – монокурсная стереогамма, параллакс привнесен сдвигом кадрирующей рамки (авт.)

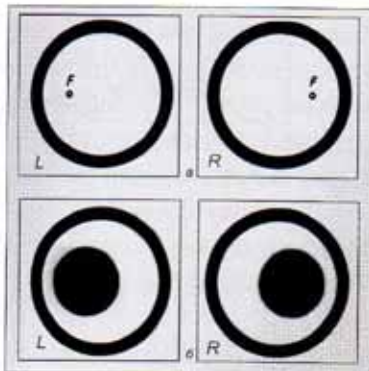


Рис. 25. К вопросу о сенсорной фузии: контурные стереограммы с одинаковой диспаратностью. а – фузии нет, б – фузия есть (из [2])

фиксации. При этом за счет ВЕРГЕНТНЫХ (противофазных) движений глаз происходит конвергенция либо дивергенция зрительных осей. Точкой фиксации становится другая пространственная точка, старый горюптер разрушается, возникает новый горюптер, проходящий через новую точку фиксации. При этом происходит устранение абсолютной дис-

вергентных движений глаз. Показано, что процесс фиксации происходит за время порядка 800 мс (Рашбасс, Вестхаймер, 1961, [2]). Происходит так называемая МОТОРНАЯ ФУЗИЯ. Если абсолютная диспаратность новой и старой точек не велика, то старая точка воспринимается слитной, без диплопии; при значительной диспаратности диплопия возникает. На рис. 25 а представлена стереопара. Если фиксировать точку F, то двоятся кольцо, если фиксировать центр кольца, то двоятся точка F, т. е. возможности моторной фузии ограничены. Рассмотрим стереопару, рис. 25 б. Если дискретно и последовательно фиксировать центры внутреннего круга и внешнего кольца, то диплопия бинокулярного образа сохраняется. Но ввиду того, что монокулярные образы имеют не только подобие, но, кроме того, имеются точки с небольшой диспаратностью, пусть и не контекстно-идентичные, возникает стереопсис, связанный с невольным выбором точки фиксации, возникает СЕНСОРНАЯ ФУЗИЯ, т. е. происходит КОГНИТИВНЫЙ (связанный с высшей нервной деятельностью) процесс.

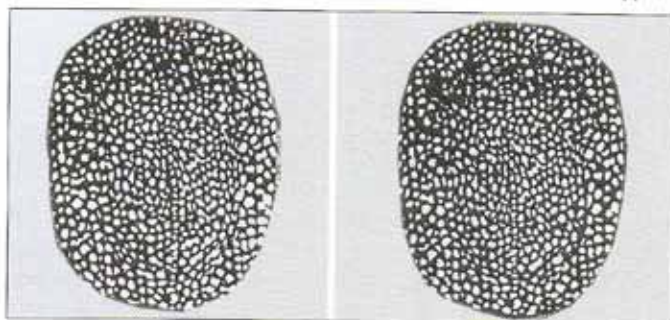


Рис. 26. Случайно-точечная стереограмма Компанейского (из [12])

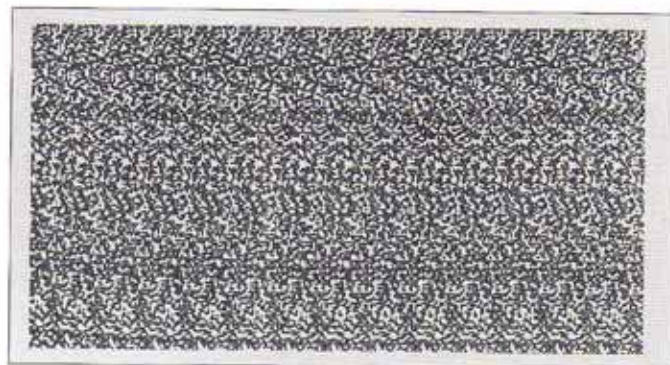


Рис. 28. Автостереограмма Тайлера-Кларк (из [2])

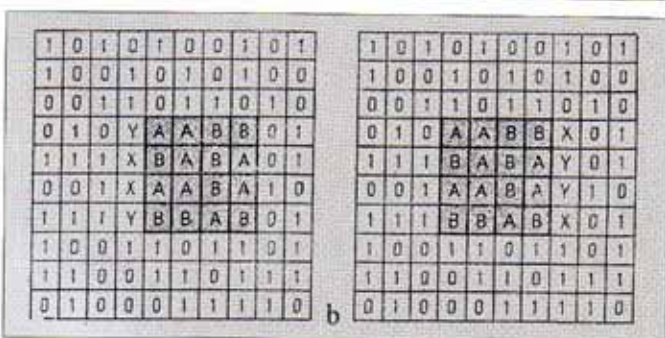
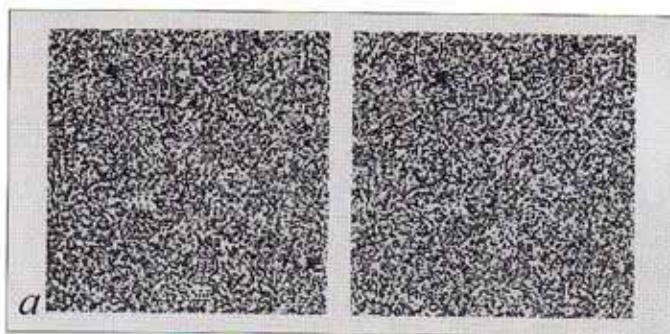


Рис. 27. Случайно-точечная стереограмма Юлеша. а – внешний вид (из [2]), б – структура (из [2])

паратности новой точки фиксации относительно старого горюптера и возникновение абсолютной диспаратности у старой точки относительно нового горюптера, т. е. происходит обмен диспаратностью между точками. Другими словами, диспаратность является стимулом

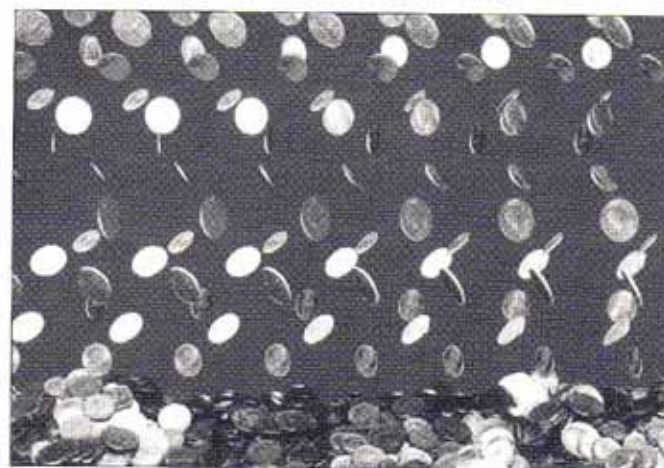


Рис. 29. Стереограмма Башея

Мы рассмотрели стереограммы, имеющие осмысленный монокулярный образ или монокулярный гештальт. В 1939 году советским ученым Б. Н. Компанейским посредством стереосъемки пространственного объекта, состоящего, как и фон, из хаотически расположенных светящихся точек, была получена первая в мире случайно-точечная стереограмма, рис. 26.

В 1960 году Бела Юлеш синтезировал случайно-точечную стереограмму на компьютере, **рис. 27а**. На **рис. 27б** представлена структура стереограммы Юлеша. Стереограмма состоит из случайного фона (0,1) и случайной фигуры (А, В), причем фон и фигура правого и левого ракурсов абсолютно идентичны, за исключением того, что в ракурсах имеется диспаратный сдвиг на один ряд (X, Y). В стереограмме Компанейского такой сдвиг достигается посредством естественного параллакса. Очевидно, что формирование стереопсиса возможно только на уровне формирования бинокулярного гештальта. Такой стереопсис получил название «ГЛОБАЛЬНЫЙ СТЕРЕОПСИС».

В 1979 году Кристофер Тайлер со своей сотрудницей Морин Кларк получил методом компьютерного синтеза автостереограмму, (**рис. 28**) состоящую из одного поля. «Автостереограмма – особый вид стереограмм, получивших широкое распространение благодаря развитию компьютерной графики («магические картинки»). Изображения, предназначенные левому и правому глазу, в автостереограмме совмещены и содержат узор с повторяющимися в горизонтальных рядах элементами. Различие левого и правого сетчаточных изображений и стереопсис на основе диспаратности достигается путем избыточного разведения или сведения глаз таким образом, чтобы оси глаз пересекали плоскость изображения в точках, сдвинутых на период повторения узора», [9].

Стереограммы Т. Башея (**рис. 29**) вполне читаемы, стереопсис возникает за счет сенсорной фузии.

История автостереограмм восходит к 1844 году, когда

Д. Брюстером впервые был описан ЭФФЕКТ ОБОЕВ, заключающийся в том, что, при вынесении точки фиксации перед плоскостью физического расположения горизонтально протяженной периодической структуры (обоев), перцептивно, плоскость локализации смещается вперед и проходит через точку фиксации. При этом Брюстер заметил, что места сбоев периодичности отрываются от плоскости локализации (по [2]).

P.S. В настоящее время Научно-исследовательский центр «КП Алмаз» по техническому заданию ОАО «Спэйс Вижн» изготавливает опытный образец перцептивного объёмного телевизора по системе Г.Г. Голенко. При этом используется оборудование нанотехнологического уровня.

ЛИТЕРАТУРА

- [14]. Р.С. Вудвортс. Зрительное восприятие глубины. Психология ощущений и восприятия. М. Черо, 2002.
- [15]. Н.А. Валуев. Стереоскопия. Изд. АН СССР, М., 1962.
- [16]. К. Nakayama. Geometrical and physiological aspects of depth perception. Image Processing, S. Benton, Ed. Proceedings of the Society of Photo-Optical Instrumentation Engineers, 1977.
- [17]. Г.Г. Голенко. Бинокулярный план, пространственный гораптер и зоны стереопсиса в физическом трехмерном пространстве. Официальные материалы научно-практической конференции «Голография в России и за рубежом. Наука и практика», М., 2006. с.104-107.
- [18]. E. Hering. Das Gesetz der identischen Sehrictunden. Reichert und duBoisreymond Archiv. 1864. S.27.
- [19]. А.С. Блохин и др. Квазистереоскопическая видеопроекционная система. ТкиТ, № 2, 1988. с.7-10.

МИР ТЕХНИКИ

РАСЦЕНКИ НА РЕКЛАМУ В ЖУРНАЛЕ

На обложке:

2-я сторона – 56 тыс. руб. 3-я сторона – 42 тыс. руб. 4-я сторона – 56 тыс. руб.

Внутри журнала

42 тыс. руб.

Скидки, если реклама оплачивается сразу:

в 4 номера – 30%, в 3 номера 25%, в 2 номера – 20%.

1/2 полосы – 23 800 руб, 1/4 – 11 200 руб, 1/8 – 7 000 руб, 1/16 – 3360 руб.

Для размещения рекламы просим прислать гарантийное письмо с вашими реквизитами по адресу: Kevin@paradiz.ru или 125167, Москва, Ленинградский проспект, д. 47, ОАО НИКФИ, офис 920А, на основании которого будет выставлен счет.



Изобразительная голография

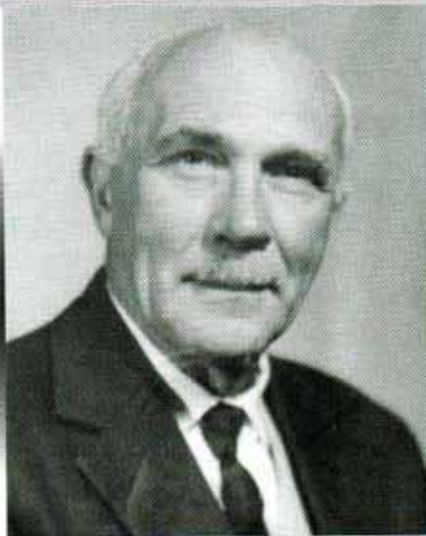
РЕТРОСПЕКТИВНЫЙ ОБЗОР И ПРОГНОЗ

Голография – это свет,
а свет – это бог

В. Ванин,
к. т. н., НИИ «ПЛАТАН», г. Фрязино



Д. Габор
Изобретатель голографии
(Англия)



В. Герус
Научный руководитель
НИИ «Платан»



Коллектив голографического отдела
НИИ «Платан»,
(слева в первом ряду В. Ванин)

Изобразительная голография в СССР – технологии будущего?

ВСТУПЛЕНИЕ

В Наукограде г. Фрязино голография появилась в 1967 г. в НИИ электронных приборов «Платан» благодаря мудрости и прозорливости В.Л. Геруса, заместителя директора по научной работе этого института.

Работы велись как в СССР, так и за рубежом. В. Герус, как и Д. Габор (Англия, венгр по национальности) – известные специалисты в электронной оптике, практически одногодки, конечно, знали о работах друг друга.

В Советском Союзе было несколько организаций, которые специализировались на различных аспектах Изобразительной голографии:

- ГОИ им. С.И. Вавилова (как основной институт), руководитель голографического направления Ю.Н. Денисюк. Здесь разрабатывалась теория,

создавались новые технологии и фотоматериалы, лазерная техника, записывались великолепные большие голограммы, видимые в белом свете.

- НИКФИ под научным руководством В.Г. Комара разрабатывал систему голографического кинематографа, попутно создавая также новые материалы и установки руками и головой голографического Кулибина – О.Б. Серова.
- НИИ «Платан», как прикладной институт, занимался применением Изобразительной голографии в товарах бытового назначения.
- Институт Физики АН УССР (В.Б. Марков, С.Г. Одулов, А.Н. Тимошенко) вместе с министром культуры Украины И.Г. Евтушенко, при поддержке ЮНЕСКО, специализировались по проведению международных выставок голограмм музейных объектов.
- Уникальные фотоматериалы для голографии серии «ПЭ» были разработаны в ГОСНИИХИМФОТОПРОЕКТЕ

под руководством Н. И. Кириллова и внедрены на заводе «Славич» энергичными усилиями А. И. Шварцвальда. Коллега Ю. А. Сазонов смог сохранить эту ценность и наладить производство лучших в мире фотоматериалов для цветной голографии.

- В Белоруссии об Изобразительной голографии постоянно заботился Л. В. Танин, старожилы голографии помнят великолепные выставки голограмм в Минске.

Заканчивая этот краткий обзор, нельзя не вспомнить о замечательном учёном Ш. Д. Какичашвили, работавшем в Институте кибернетики г. Тбилиси. Он не только автор открытия голографической записи поляризации волнового поля, но и изобретатель новых схем и технологий для изобразительной голографии.

Но вернёмся к нашему институту НИИ «Платан». Поскольку основной задачей было внедрение голографических разработок, мы творчески взаимодействовали со всеми голографическими фирмами.

Основные наши результаты тех лет:

Были разработаны: новый метод, технология и оборудование для промышленного производства голограмм. Впервые в СССР был выполнен крупный экспортный заказ по разработкам и поставкам изобразительных голограмм в Данию.

На заработанные деньги (приблизительно 150 тыс. американских долларов) нам было поставлено лазерное оборудование фирмы «Cogenent Radiation». Был изготовлен рекламный проспект «Holograms from the USSR», который распространялся через торговых представителей во всех странах мира.

Была разработана новая промышленная технология получения голограмм на «идеальном» фазовом фотоматериале – бихромированной желатине (преобразование света в полезное голографическое изображение происходит практически без потерь). По контракту с фирмой «Magic Laser» (Франция, Париж) было изготовлено и поставлено около 10000 таких голограмм.

Впервые была разработана новая продукция – «Голографический светильник», в котором голограмма являлась органичным элементом дизайна изделия.

Было налажено изготовление голографических копий музейных и других раритетов. Были изготовлены голографические копии всех наград АН СССР, включая Нобелевскую медаль академика П. Л. Капицы. Полный комплект голографических копий наград находится в Физическом институте АН России. Кстати, П. Л. Капица одним из первых заинтересовался открытием Ю. Н. Денисюка. Была изготовлена серия голограмм «Русское ювелирное искусство 18 века» из фондов Оружейной Палаты Московского Кремля.

Совместно с НИКФИ была проведена работа по получению объёмного портрета человека с использованием

голографии и интегрального линзового раstra. (автор схемы Г. Г. Голенко). Ценность этого метода в том, что портрет снимается при освещении обычным светом. В частности, так был получен портрет В. Л. Геруса.

Философские аспекты открытия голографии

Мы живём в трёхмерном, полноцветном мире, который меняется, двигаясь по шкале времени. Для удовлетворения своих духовных и материальных потребностей человек всегда нуждался в точном отображении существующего мира. Эта потребность способствовала созданию различных способов и средств отображения, таких как живопись, фотография, кино, телевидение, полиграфия. Все эти средства объединяет одна общая особенность: на материальный носитель информации отображаются только двумерные признаки объектов. Такие характеристики сцены, как объёмность предметов, их удалённость от наблюдателя, свойства материи частично воспринимаются нами только благодаря психофизическим особенностям зрительной системы человека и его мозга. Открытие голографии позволило регистрировать признаки объёмности и фактуру материала, связанные с фазой и поляризацией волнового поля объекта. Это коренным образом может поменять процесс взаимодействия человека с окружающей средой. Мы живём в равновесии с миром вещей и технологических процессов. Восторг от появления чего-то нового, будь то телевидение, Internet или мобильная связь, проходит довольно быстро, затем образуется привычка, которая и является основой этого равновесия. Развитие материального мира по принципу обратной связи воздействует на развитие нашего сознания. В жизни человека одно нельзя отделить от другого. Конечно, вначале было слово, но оно тут же материализовалось.

Возникновение голографии не случайно. Бесспорно – это одно из наиболее удивительных открытий нашей эпохи, правомерно также, что её считают чудом XX века. Но, на мой взгляд, самое главное, что человечество получило более совершенный инструмент в познании окружающего мира. И это должно положительно сказаться на развитии его Сознания. По меркам истории прошло не так много времени, а применение голографических методов уже оказывается результативным во многих областях человеческих знаний, в том числе, в объяснении работы мозга человека и устройства Вселенной.

В мире существуют два подхода в изучении различных предметов и явлений, так называемый Западный и Восточный. Летом 1930 года на даче А. Эйнштейна под Берлином произошла встреча А. Эйнштейна с Рабиндранатом Тагором. Эти два великих человека вели беседу о Реальности и о соотношениях между Материей и Сознанием Человека. А. Эйнштейн, будучи представителем науки Запада, утверждал, что Реальность (материя по представлению западной науки) существует независи-

мо от опыта и сознания Человека. Материя первична, а сознание является продуктом высокоразвитой материи.

Возражая А. Эйнштейну, Р. Тагор отстаивал точку зрения философов древнего Востока и говорил об Универсальном человеке, в котором заключена рациональная гармония между субъективным и объективным аспектом реальности.

Прошло более полувека с той знаменательной встречи, и в результате развития идей Эйнштейна появилась теория физического вакуума, которая не только включает сознание в картину мира, но и указывает на определяющую роль некой Высшей реальности при рождении грубой материи из ничего. Высшая реальность рассматривается рядом исследователей как Сверхсознание, Сверхразум, или Бог (Универсальный человек). Появившуюся голограмму некоторые авторы рассматривают как инструмент подключения сознания Человека к Сверхсознанию.

Размышляя о философских аспектах открытия Изобразительной голографии, хочется привести слова выдающегося отечественного физика, академика С. И. Вавилова, который в своей книге «Глаз и Солнце» писал: «В наше время рядом с наукой, одновременно с картиной явлений, раскрытой и объясненной новым естествознанием, продолжает бытовать мир представлений ребёнка и первобытного человека и, намеренно или ненамеренно, подражающий им мир поэтов. В этот мир стоит иногда заглянуть как в один из возможных источников научных гипотез. Он удивителен и сказочен; в этом мире между явлениями природы смело перекидываются мосты связей, о которых иной раз наука и не подозревает. В отдельных случаях эти связи угадываются верно, иногда они в корне ошибочны и просто нелепы, но всегда заслуживают внимания, так как эти ошибки нередко помогают познать истину».



Габриэль Липпманн

Юрий Денисюк

Первооткрыватель изобразительной голографии наш Учитель Ю. Н. Денисюк был хорошо знаком с миром поэтов и философов. Среди его друзей в этом мире были Платон, Лукреций Кар, Иван Ефремов.

Идеальная голограмма и схема Ю. Н. Денисюка

С идеальной голограммой мы сталкиваемся каждый день помногу раз, не всегда отдавая себе в этом отчет. Это – зеркало.

Зеркало в динамическом режиме формирует чёткое, цветное, объёмное изображение, причём запись и воспроизведение происходит практически одновременно в обычном белом свете. Тайна зеркала волновала многих учёных и поэтов. Я уверен, что Габриэль Липпманн (лауреат Нобелевской премии в области физики 1908 г.) и Юрий Денисюк не были исключениями.

Сравним три формальные схемы получения изображения объекта: Зеркальное отражение (рис. 1), Волновую фотографию Г. Липпманна (рис.2) и Отражательную голограмму Ю. Денисюка (рис.3).

В схемах Г. Липпманна и Ю. Денисюка регистрируются

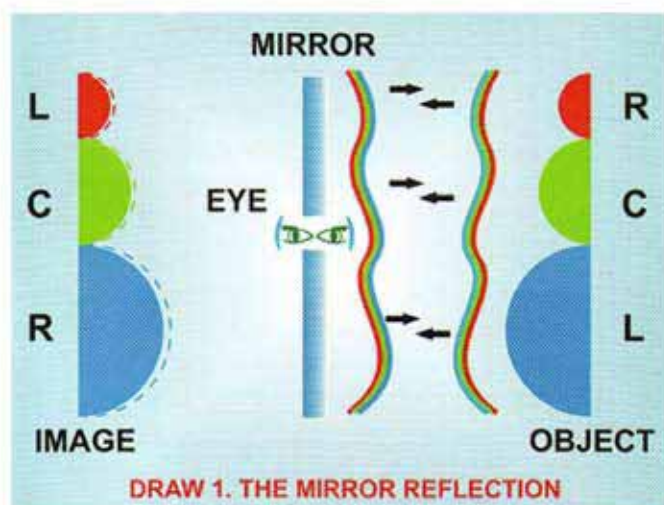


Рис. 1 Зеркальное отражение

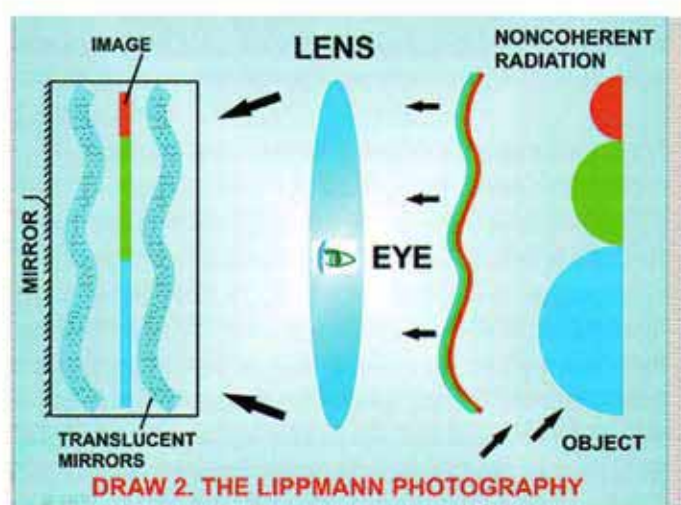


Рис. 2 Волновая фотография Липпманна

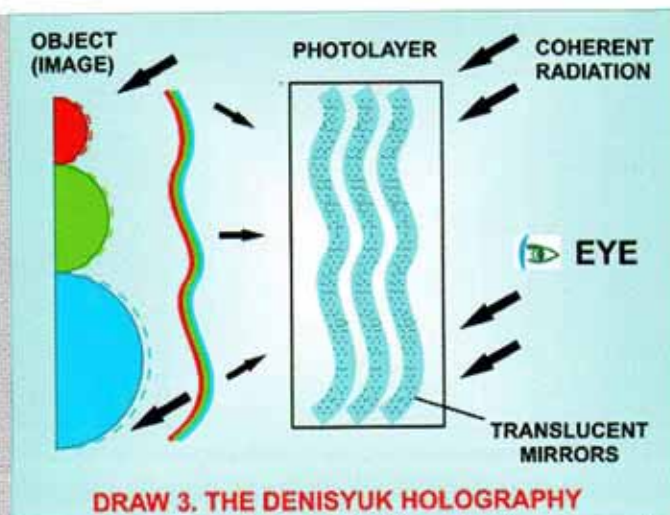


Рис. 3. Отражательная голограмма Ю. Денисюка

стоячие волны, причём в схеме Г. Липпманна используется белый свет, и волна интерферирует с собственным отражением, а в схеме Ю. Денисюка используется когерентный свет, и объектная волна интерферирует с освещающим объект простым (опорным) пучком света. В результате волновая фотография Г. Липпманна восстанавливает цветное, плоское изображение объекта, а отражательная голограмма Ю. Денисюка – цветное объёмное изображение объекта.

В своих первых опытах Ю. Денисюк повторил работы Г. Липпманна и записал волновую фотографию линзы, которая фокусировала солнечный свет, т. е. обладала физическими свойствами объекта. Интересно заметить, что волновая фотография и голограмма данного объекта строят практически одинаковое изображение.

Обе схемы можно рассматривать как первый и второй уровни приближения к «идеальной» голограмме. Но остаются существенные ограничения – необходимость использования когерентного излучения при записи и направленного точечного источника при восстановлении. Очевидно, что это плата за наше неумение регистрировать бегущую волну, как это «делает зеркало».

Голографическая техника сегодняшнего дня

Давайте посмотрим, насколько сегодняшняя техника приблизилась к созданию «идеальной» голограммы. Готовя эту статью, я просмотрел труды первопроходцев голографии и, прежде всего, Ю. Н. Денисюка и был приятно удивлён, что передовая техника сегодняшнего дня использует его схему записи голограмм и реализует часть идей, связанных с обработкой изображений при записи синтезированных голограмм. Юрий Николаевич достаточно давно высказывал мысль, что существенный прогресс в развитии изобразительной голографии наступит при использовании компьютерной техники для расчёта и записи голографических изображений. Так и произошло.

Сегодня мне известны три фирмы, лидирующие в мире в области получения цветных крупноформатных голограмм. Это – «UAB Geola» (г. Вильнюс, Республика Литва), «XYZ Imaging» (Монреаль, Канада) и «Zebra Imaging» (США), которая работает в тесном контакте с известной американской фирмой «IBM corporation».

В основном, технологические процессы получения голограмм, используемые этими фирмами, похожи. По существу, эти композиционные голограммы представляют мозаику из множества одинаковых субголограмм отражательного типа. Причём каждый элемент этой мозаики является триадой моноцветных голограмм, записываемых с использованием цветного импульсного лазера.

Информация в предметном пучке находится в цифровом виде и рассчитывается ЭВМ с учётом положения наблюдателя и заданного угла обзора сцены.

В этой технологии можно выделить четыре основных компонента:

- ◆ Использование ЭВМ для расчёта изображения каждой субголограммы;
- ◆ Цветной импульсный лазер;
- ◆ Специальные цветные фотоматериалы;
- ◆ Специальный голографический принтер.

Две фирмы «UAB Geola» и «XYZ Imaging» используют российские серебряно-галоидные цветные фотоматериалы типа ПЭ-3 и импульсный лазер, а «Zebra Imaging» записывает свои голограммы на фотоматериалах фирмы «Dupont» с помощью непрерывного лазера.

Эта методика позволяет соединить в одной голограмме визуальный мир, придуманный человеком, с миром окружающих нас предметов, т. е. голограмма снимает проблему первичности сознания или материи.

Создание этой технологии является существенным шагом на пути развития Изобразительной голографии. Идеологически этот процесс стыкуется с существующей цифровой полиграфией, разве что дороже и сложнее. Но ведь совсем недавно и цифровая печать была экзотикой.

Реальной областью применения таких голограмм является визуализация дизайнерских и архитектурных разработок, недаром первыми откликнулись автомобильные фирмы, вложив миллионы долларов в эти проекты.

Другое важное применение лежит в области объёмной визуализации в видимом диапазоне света и результата компьютерного анализа массивов информации, полученной при сканировании объектов исследования разными видами волн (радио, ультразвуковыми, рентгеновскими и др.), что может представлять интерес в геологоразведке, военной области, топографии, в медицине при исследовании внутренних органов человека и других подобных задачах.

При этом голографический принтер может находиться у Заказчика, а обработка данных производится специализированной фирмой и передаваться по различным каналам связи.

Эта технология также дает возможность построения уставного экрана практически любого размера для коллективного просмотра объёмных изображений: размер ячейки экрана может варьироваться от 0,2 до 0,9 метра.

Яйцо жизни»

Мы на практике проверили только что описанную технологию получения голограммы. Был выбран объект, который может наиболее удачно представить миссию голографии. Это так называемое «яйцо жизни». (Рис. 4)

Вкратце об этом понятии.

Существует несколько сторон (подходов) при рассмотрении эволюции эмбриона человека: полевая, геометрическая, биологическая. Рассмотрим чисто геометрическую сторону.

Основа нашего существования состоит из «шариков» — сфер всех возможных размеров. Мы находимся на сфере «Земля», сферы вращаются вокруг нас. «Луна», «Солнце», звёзды — сферы. Вся Вселенная создана из маленьких сфер. Даже световые волны, движущиеся сквозь пространство, тоже являются сферами; они распространяются сферически.

Концепция образования «Яйца жизни»:

из «ничего» («физического вакуума») зарождается сфера («яйцеклетка»). Она в результате последовательного деления сначала превращается в один тетраэдр (4 клетки), а затем при 8 клетках — в два взаимопроницающих тетраэдра (т. н. звёздный тетраэдр, или «Яйцо жизни»). Возможно — это и есть те самые ствольные клетки, которые не умирают и несут информацию обо всём организме, подобно голограмме.

Наша голограмма была записана в фирме «UAB

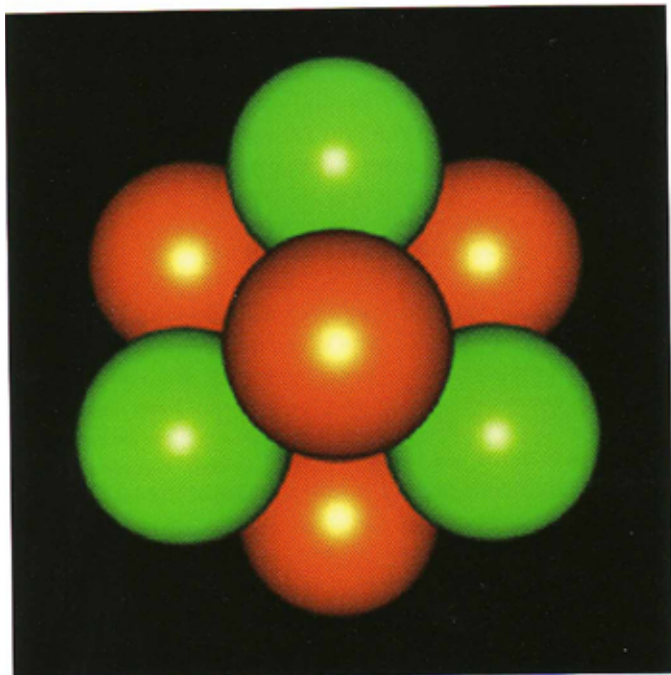


Рис. 4 «Яйцо жизни».

Geola» при содействии С. Б. Одинокова. На рис. 4 Вы видите центральный ракурс этого объекта. На сегодняшний день есть проблемы: оранжевые шары не получаются чистыми по цвету и отличаются друг от друга по цветовым оттенкам.

Перспективы развития голографии, в том числе Изобразительной

Как известно, прогнозы дело не благодарное, прежде всего потому, что они редко сбываются. Их стараются не делать в начале научной карьеры. Меня это уже не беспокоит, потому попробую.

Базовые положения для моего прогноза:

1. Известные всем основные свойства голографического метода и голограмм, такие как:

- Применяемость для всех видов волновых полей (и для таких спорных, как биополя и торсионные поля);
- Распределение информации о каком-то событии, или точки объекта по всему полю голограммы;
- Возможность ассоциативного поиска информации;

2. Сравнение достигнутого уровня развития с идеальной голограммой (зеркалом).

3. Мысли, высказываемые людьми, хорошо знакомыми с современной наукой, но имеющими смелость писать научно-популярные книги. На эту тему мне нравятся книги А. Азимова и супругов Тихоплавова.

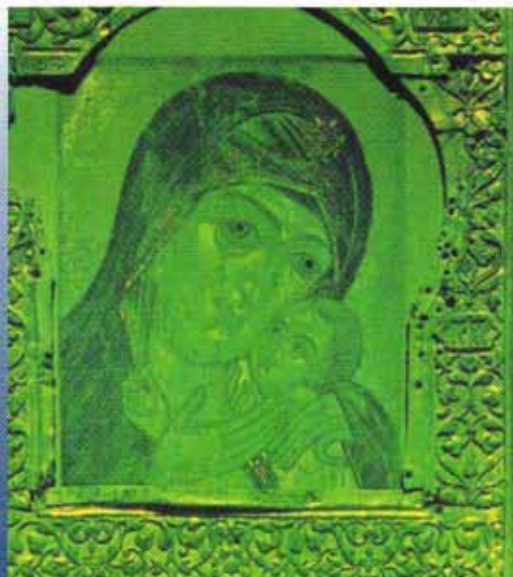
Необходимость восстановления голограммы специальным источником света сильно ограничивает область применения Изобразительной голографии.

В количественном плане прогресс, видимо, будет идти по пути замены галогенных источников света светодиодными, которые имеют более высокую светоотдачу.

В идеале же каждая субголограмма должна активно излучать свет по заданной программе. Это представляется возможным с применением нанотехнологии, как инструмента формирования субголограмм. Следующим шагом должно быть создание голографических экранов с реверсивной записью.

В 1969 году на Первой школе по голографии вице-президент АН СССР Б. П. Константинов, обсуждая возможные пути создания голографического телевидения, рассматривал действующую в то время систему «Эйдофор».

В этой системе под воздействием электронного пучка на тонкой масляной плёнке формировалась фазовая картина передаваемого изображения. Масляную плёнку нужно заменить другим реверсивным материалом, обладающим разрешающей способностью, достаточной для записи голограмм. Это могут быть своеобразные активно-матричные экраны, аналогичные тем, которые применяются сейчас в устройствах отображения информации на базе ЖК-индикаторов. Я думаю, что такая схема



может реализоваться, когда субмикронная технология станет повседневностью.

И, наконец, о таком более «тонком» понятии, как биоголограмма.

Предположим, что каждый вид поля содержит свою часть информации об исследуемом объекте и что эта информация не исчезает во времени и пространстве.

Предположим, что биополе содержит информацию о всех процессах жизнедеятельности человека. Тогда, если мы научимся регистрировать голограмму биополя и восстанавливать её в видимом диапазоне света, то сможем увидеть своё будущее. Кстати, некоторые это делают уже сейчас и без голографии.

Замечу, что Юрий Николаевич и этот феномен описал в своих работах. Это так называемые доплеровские голограммы, которые предвидят будущее: голографи-

ческое изображение они восстанавливают в том месте, куда затем приходит объект.

Сбудется ли прогноз или нет, но несомненно, что у Изобразительной голографии большое будущее.

Р. С. Пока версталась статья, авторы получили положительное решение на свое изобретение «Способ записи и восстановления голограммы двухмерного или трехмерного объекта».



ГОЛОФОРУМ 2005

**В. А. Ванин, Ген. директор, ОАО «Мособлзнак» (слева),
Ю. Н. Денисюк – «Отец русской голографии» (в центре),
С. Б. Одинокоев, нач. отд. Бауманского Техн. Университета**

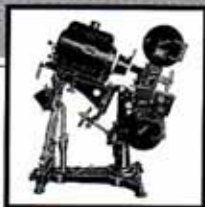
Формы № 01а

(21) 2006124250/28

(51) МПК
G03H 1/26 (2006.01)

(57)

1. Способ записи и восстановления голограммы двухмерного или трехмерного объекта, заключающийся в записи нескольких отдельных голографических изображений объекта путем пошагового освещения сфокусированным излучением лазерных пучков малых по площади участков регистрирующей среды в процессе ее движения с заданной скоростью относительно источника излучения, и восстановлении каждого из голографических изображений, записанных на регистрирующую среду путем ее освещения пучком света, падающим на регистрирующую среду, отличающийся тем, что в качестве регистрирующей среды для поточечной записи голограммы объекта использована пластинка в форме диска, в процессе записи совокупности изображений объекта для записи различных ракурсов голографического изображения диск перемещают по двум координатам и поворачивают относительно оси диска с дискретным угловым шагом с заданной угловой скоростью ω_1 (шаг/мин), а в процессе восстановления указанных голографических изображений диск поворачивают относительно своей оси с тем же угловым шагом с угловой скоростью $\omega_2 = k\omega_1$, где k - предварительно заданная константа, не изменяющая при этом ориентацию пучка света, падающего на диск.



Компьютерная технология рисунка и её применение

А.В. Барский, д.т.н.,
профессор кафедры
«Вычислительные системы и сети» МИИТ |

Автор настоящей статьи не является специалистом в области техники кино. Область его деятельности именуется широко: информационные технологии. От проблем эффективного применения параллельных вычислительных средств в сложнейших системах управления его интересы трансформировались в область искусственного интеллекта как основного перспективного средства решения задач в сложных управляющих системах будущего и в системах принятия решений сегодня.

Исследуется компьютерная технология выполнения и редактирования рисунка для научных и образовательных иллюстраций как важной сюжетной основы систем мультимедиа, плоской и объёмной анимации, интеллектуального отображения управляющих систем и цифрового кино. Основное внимание уделяется юмористическому рисунку. Приводятся рисунки автора.

Раки любят, чтобы их варили живыми.
Л.Н. Толстой. Дневники. Ноябрь, 1897.

Приёмы естественных наук, основывающие свои выводы на фактах — самые неудачные приёмы. Фактов нет. Есть наше восприятие их. И потому научен только тот приём, который говорит о восприятии, о впечатлениях.

Там же. Май, 1903.

Введение

Научная и, в особенности, преподавательская деятельность убеждают нас в важности современного представления иллюстративного материала, в важности применения информационных технологий разработки изобразительных средств, средств мультимедиа и кино. Современный учебный курс немислим, и это зафиксировано в требованиях, без средств мультимедийного воплощения. Лекции читаются и демонстрируются с помощью мультимедийных дисков. Подготовка средств дистанционного обучения через Интернет требует комплексного применения всех возможных средств видео-воздействия. И уж тем более все жанры цифрового кино обретают в сфере науки и образования важнейшее значение.

Условия применения, несомненно, предъявляют требования и ставят задачи по развитию изобразительных средств, в частности, — по развитию техники цифрового кино.

В этих условиях целесообразен «взгляд с другой стороны», анализирующий опыт и порождающий соображения по применению изобразительных средств в науке и образовании.

Любая идея применения таких средств начинается с рисунка. С помощью рисунка вырабатывается образ, рисунок подсказывает сюжет, технику его воплощения, да и весь сценарий доходчивого изложения материала. Таким образом, рисунок, являясь продуктом методологического подхода, развивает этот подход, выдвигая дальнейшие задачи. Здесь, конечно, многое зависит от учёного-преподавателя, от того, насколько он смог развить в себе образное, ассоциативное мышление, каким примерам он стремится следовать.

Творческая жизнь учёного, учёного результативного, оставляющего след и память, не страдает однообразием

и узостью интересов. Чаще такие учёные – увлекающиеся люди, обладающие не просто «хобби», а имеющие вторую, а то и третью профессию. Можно перебрать много великих учёных, одновременно, — писателей, музыкантов, художников. Что сказать о великом А. П. Бородине? Бесконечно восхищает А. Де-Сент-Экзюпери, воплотивший две «противоположные» профессии: утончённый писатель-философ — за штурвалом самолёта! Ведь и в той, и в другой профессии он стал первопроходцем. (Кстати: можно ли представить себе «Маленького принца» без «непрофессиональных» рисунков автора?)

Но оттолкнемся от уровня школьного сочинения (а то ещё вынесет на художника Адольфа Шикльгрубера) и подчеркнём следующую мысль: отдельные направления деятельности учёного не служат лишь благотворному переключению его внимания для снятия нагрузки и отдохновения, подобно пикированию Шерлока Холмса на скрипочке. Для этого достаточно просто лечь в постель, спать. Нет: все его увлечения, включая основное, все направления его деятельности питают друг друга, а в значительной степени — одно превалирующее направление. В конечном счёте, они служат единой цели. Поддерживают её с разных сторон. Разнообразным подходом они способствуют решению тех основных задач, которым, по общественному признанию, посвятил себя учёный. Тогда его усилия в познании нового возрастают многократно. Так что не напрасно Шерлок Холмс пикирует на скрипочке в минуты напряжённого раздумья, и его автор прекрасно это понимал.

Бытует представление о приверженцах точных наук: дескать, сухие, заформализованные люди — «психические уроды». Слагают анекдоты об их рассеянности, непрактичной «зауми». Очень часто это относится к тем «учёным», что играют роль таковых.

Однако «царица» точных наук, математика, справедливо признана естественной наукой. Да она самая естественная из всех естественных наук, ибо отображает все реалии жизни — как прошлой, так и будущей, и без явственного представления жизненных аналогий она действительно мертва! И продуктивно работать в области, где основой является математика, может лишь человек с богатым воображением.

Все математические объекты имеют реальные аналогии.

И роятся в голове исследователя странные геометрические фигуры, зацепляясь или отталкиваясь, шумя, бурля и подсакивая... Вот уж фантастические образы теснят и высовываются среди них... Растёт напряжение мысли... Широко раскрывается глаз куда-то в сторону... Уже нет слов, только видение подменило вашу цель, вашу задачу... Вы напрягаетесь, вы подталкиваете его, вы торопите его сложиться так, как нужно, чтобы получить ответ...

- Фу, чёрт, — гоните вы наваждение, понимая грань возможностей нормального психического здоровья.

Но надо, надо... И основная жизнеутверждающая догадка осеняет вас: «Без здорового чувства юмора здесь работать опасно. Если все эти движущиеся модели, эти связанные верёвками бруски, эти монстры и крокодилы с зачатками мышления, эти летающие болванки будут ещё и смешными, возможно, «крыша поедет» не скоро».

Да здравствует спасительное чувство юмора — «вечно живое и всепобеждающее учение»!..

Подчеркнём ещё раз, что рисунок, в особенности — юмористический, несомненно, передаёт динамику, но он статичен. Так почему же рисунок — на страницах журнала про технику кино? По-видимому, как технология кино неотделима от фотографии, так и статический рисунок лежит в начале технологической цепочки, определяя своё дальнейшее развитие на основе применения средств анимации и мультимедиа, пробуждая фантазии по созданию кинофильмов — от научно-популярных до игровых. Пройдя такое развитие, рисунок может вернуться на свой исходный рубеж и на новом уровне стать основой мультимедийных средств иллюстративной и развлекательной поддержки учебного процесса.

Представленные ниже рисунки, использованные уже не только автором в учебном процессе, в книгах и статьях, сгруппированы по темам с необходимыми объяснениями.

1. Технология компьютерного рисунка

Компьютерные технологии всё увереннее проникают в сферу искусства, в том числе и в кино. Мультимедиа породило шедевры, поражающие воображение и создающие ощущение колоссальных возможностей в будущем. Компьютерные макеты и декорации, спецэффекты и анимация — всё это, по-видимому, лишь начало бурного вторжения Компьютера в Искусство. (Утверждается термин Computer Art.) А что обещает скорое нашествие средств и методов искусственного интеллекта?!

И уж тем более, приверженцы точных наук, для которых компьютер — основное орудие и объект труда, обладающие хотя бы зачатками пространственного воображения, используют компьютерные технологии для самовыражения и образной поддержки своих исследований.

Какова же техника современного рисунка на основе применения компьютерных технологий?

1. В основе рисунка лежит акварель. Акварель — не в смысле присущего ей тонкого, элегантно, воздушного, светлого воплощения. Речь идёт, скорее об «оформительском» варианте, грубо ограничивающем использование палитры, но ни в коем случае не исключая её.

Можно выразиться строго: начальное приближение рисунка выполняется с помощью карандаша и школьных акварельных красок.

Однако уже на этом уровне «художник» вправе выразить свою «индивидуальность». Например, предпочтение автора, направленное на юмористический стиль – стиль карикатуры, уделяется чёткому контурному выделению объектов рисунка и даже их штриховке – преимущественно с помощью чёрной шариковой ручки. Таким образом, необходимое оттенение может выполняться как цветом, так и штрихом.

2. Затем рисунок сканируется для дальнейшего редактирования и развития. Автор убедился в достаточности такой системы, сопровождающей любую современную версию операционной системы Windows, как Paintbrush. Его привлекательность – в доступности, простоте и в отсутствии необходимости длительного предварительного изучения. Тем более что речь идёт не о создании художественных объектов, а только об их редактировании.

Основной недостаток Paintbrush заключается в том, что он использует растровые файловые форматы JPEG и BMP. Это главным образом приводит к тому, что линии, отличные от вертикальных и горизонтальных, имеют ярко различимую ступенчатую структуру.

3. Говоря о редактировании, следует вернуться на уровень рисования. Ещё на этом уровне, для сокращения трудоёмкости, повышения точности воспроизведения и уменьшения степени зависимости от возможностей средств редактирования, может быть предусмотрена компоновка рисунка на основе его фрагментов. При этом могут быть использованы свойства симметрии, многократной повторяемости элементов, вариантности, масштабируемости. Таким образом, процесс редактирования зачастую сводится к процессу полной компоновки рисунка. Если к этому добавить ещё и необходимость композиционных поисков и исправлений, то редактирование превращается в процесс значительно более трудоёмкий и творчески насыщенный, чем процесс предварительной черновой заготовки рисунка.

Рассмотрим некоторые «библейские» исследования (и это уже не юмор).

Например, Храм Иерусалимский (Ирода) «собран» на основе следующих элементов:

- золотая капитель коринфского ордера (найденная на Храмовой Горе, возможно, – от храма Юпитера, воздвигнутого позже) для золотой колонны;
- эта же капитель, «растянутая» для внешней мраморной колонны;
- собственно колонна, породившая золотой и мраморный варианты;
- повторяющийся фрагмент обрамления входа золотой лозой;
- фрагмент гроздей винограда над входом;
- фрагмент верхней плиты с орнаментом;
- херувим и фрагмент центральной пальмы для верхней плиты;

- шпигц в единственном экземпляре;
- рисунок половины Храма без приведённых выше элементов, ограниченный осью симметрии, на фоне галереи, а также с учётом жертвенника спереди.

В результате «сборки» сначала создаётся половина изображения. Затем с помощью операции симметричного отображения создаётся почти окончательный рисунок. Его остаётся лишь скорректировать с учётом несимметричных элементов. В данном случае – с учётом подъёма к жертвеннику лишь с южной стороны.

В разработке следующего рисунка, где изображён вид Храмовой Горы, роль редактирования минимальна. Оно коснулось лишь самого Храмового комплекса, где требовалось миниатюрное исполнение деталей. Чтобы исключить неточности в горизонтальной ориентации, несовпадения размеров и окраски одних и тех же деталей рисунка, например, колоннад и окон, целесообразно использовать возможность выделения фрагментов и их переноса – размножения. Такой перенос исключает разноречивость в изображении, вносит элемент регулярности и соблюдения основных пропорций и направлений. Внимательно взглядевшись в рисунок, можно выделить основные фрагменты, его образующие. Однако основная часть рисунка полностью сохраняет изначальный замысел.

Говоря об истории этого рисунка, следует отметить, что первоначально Храмовое здание было другим. Уточнение представления об этом здании с малой трудоёмкостью привело к замене соответствующего фрагмента.

В более значительной степени подобную замену иллюстрируют рисунки, посвящённые захвату Храма римлянами.



Храм

На первом из них фигурирует раннее представление о здании Храма (рис. 1), на втором (рис. 2) – окончательное. Рисунок изменён с помощью компьютерной технологии всё в том же Paintbrush.

гда бывает вполне достаточно, как показано на следующем рисунке. Он выполнен исключительно с помощью «мыши», по живому окну монитора компьютера.



Вид на Храмовую Гору



Рис. 1. Битва за Храм (вариант)

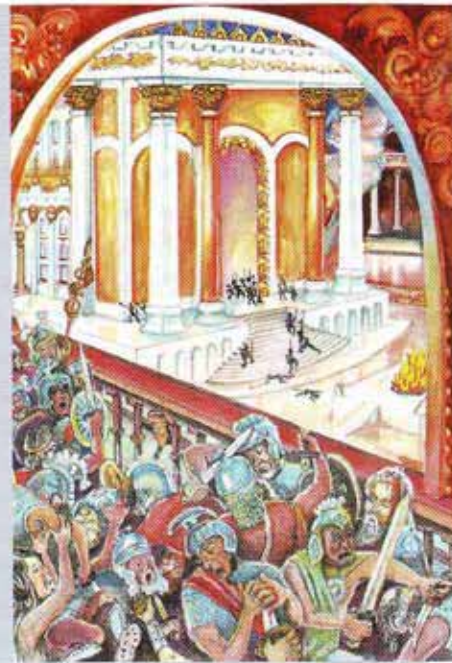


Рис. 2. Битва за Храм

Рисунок «Святая Святых» (рис. 3) выполнен на основе следующей «калькуляции»:

- ◆ тело херувима на пьедестале – одно;
- ◆ крыло херувима – одно;
- ◆ Ковчег Завета на постаменте – половина;
- ◆ общая декорация (задник, ступени, пол) – половина.

Ещё раз следует подчеркнуть, что при редактировании всех рисунков активно используется возможность переноса, отображения, наклона и масштабирования выделенных фрагментов для создания композиционной взвешенности и законченности. При этом образующиеся в результате сдвига пустые пространства заполняются также подходящими полями рисунка.

Следует остановиться и на возможности комбинированной компоновки рисунка на основе фрагментов различного происхождения. Например, в композиции (рис. 4) Святого Места (внутреннего Храмового Двора) использована фотография выполненного автором макета Храмового здания, врезанная в рисунок. Качество исполнения не следует считать удачным (слишком разнятся цвета, хотя в здании преобладает золото), но технология вполне иллюстрируется. Это позволяет задуматься о создании соответствующих декораций.

Если речь идёт о рисунке юмористическом, диктующем стиль исполнения, то возможностей Paintbrush ино-



Рис. 3. Святая Святых



Рис. 4. Святое Место



Цифровое архивирование фильмовых материалов

В.А. Сычев,
к.т.н., ОАО НИКФИ

КАК РЕПРОДУКЦИОННЫЙ ПРОЦЕСС

Постановка задачи

Киноплёночный процесс предоставляет весьма ограниченное число степеней свободы для управления изображением. Возможности цифровой обработки могут обеспечить на выходе почти любой результат. Задача перевода архивных фильмовых материалов в цифровую форму заключается в том, чтобы этот результат соответствовал оригиналу (эталонной копии). В отличие от сканеров для постпроизводства, где эталонное изображение создается в соответствии с замыслом создателей фильма или вкусом цветоустановщика, архивный сканер в совокупности с последующей коррекционной обработкой сигнала должен в точности воспроизводить имеющийся эталон.

Существуют объективные физические явления, вызывающие искажения в любом репродукционном процессе. Эти искажения необходимо учитывать в целях предотвращения или уменьшения их влияния и, с другой стороны, для разработки алгоритмов и параметров программной обработки, корректирующей неизбежные недостатки анализа.

Особенность цифрового архивирования состоит в том, что результатом должно стать не просто хорошее телевизионное изображение или красивая, яркая картинка на киноэкране. Необходимо получить дубликационно точную копию оригинала.

Именно это условие, наряду с особыми требованиями к лентопротяжному тракту, должно определять выбор фильм-сканера для архивных материалов. Для обеспечения дубликационного воспроизведения должны быть проанализированы все сквозные характеристики как самого сканера, так и всего рассматриваемого процесса в целом.

1. Функция передачи модуляции (ФПМ)

Сегодня уже несколько производителей предлагают фильм-сканеры с разрешением, соответствующим диапазону пространственных частот реальных кинематографических изображений современного уровня. Однако, ФПМ и, как следствие, сохранение информации исходного изображения определяются отнюдь не только количеством отсчетов, снимаемых с кадра изображения. Основными факторами, влияющими на ФПМ процесса сканирования, являются:

- разрешение светочувствительного приемника;
- частотная характеристика оптического тракта;
- светорассеяние;
- программная обработка сигнала, компенсирующая снижение ФПМ.

Проведенные в ОАО НИКФИ исследования указывают на наличие у сканеров программной частотно-контрастной коррекции до пространственных частот, соответствующих 40 лин./мм. Коррекция делается только для зелено-фильтрового изображения, вносящего основной вклад в восприятие резкости зрительным анализатором. Такое ограничение совершенно справедливо для обработки изображений при постпроизводстве, но для сохранения архивных материалов значительное снижение средних пространственных частот сине- и красно-фильтрового изображений недопустимо.

Необходимое разрешение при сканировании зависит от зернистости пленки и резкости самого изображения (наличия высоких пространственных частот). От выбора формата зависит время сканирования. Минимизация времени сканирования, учитывая огромные объемы материала наших архивов и неотложность их спасения, является важнейшей практической целью.

Таким образом, при разработке технологического процесса цифрового архивирования с сохранением резких характеристик пленочного изображения в цифровой копии необходимо решить следующие задачи:

- исследование и классификация фильмовых материалов по зернистости и резкости,
- разработка теоретических основ оптимизации формата сканирования,
- разработка автоматизированных алгоритмов настройки параметров фильм-сканера по результатам предварительного сканирования,
- определение функции передачи модуляции аналитического процесса и разработка алгоритмов компенсационной коррекции отсканированных цифровых массивов.

2. Градационная характеристика

Проблема градационного воспроизведения состоит из двух составляющих: аппаратной и технологической.

Под аппаратной частью будем иметь в виду техническую возможность линейного воспроизведения всего диапазона плотностей оригинала в экранном изображении.

Перевод кино-видеоизображений с пленки в цифровую форму идеологически и аппаратно состоит из двух этапов:

- измерение светового потока, модулированного изображением,
- преобразование результата измерения в цифровую форму (аналогово-цифровое преобразование).

Первый этап определяется функцией оптоэлектронного преобразования (ФОЭП) и уровнем светорассеяния. Второй – способом и глубиной квантования цветоделенных сигналов.

Фильм-сканер, как любое измерительное устройство, имеет ограниченный диапазон линейного измерения, области нижнего и верхнего криволинейных участков и области «недодержек» и «передержек», где градации не воспроизводятся. Область линейного воспроизведения и частично криволинейные участки определяют динамический диапазон, вне которого изменение сигнала отсутствует или неустойчиво.

Драйверы сканера управляют ФОЭП, обеспечивая линейность градационной характеристики в пределах динамического диапазона, однако сам динамический диапазон (как и светорассеяние) является неизменным и неотъемлемым свойством сканера. Динамический диапазон фильм-сканеров существенно меньше диапазона плотностей высококонтрастных (например, позитивных) изображений, и вопрос их согласования требует исследования и технологической и программной проработки.

Суть технологической составляющей градационного воспроизведения состоит в адаптации управ-

ляющих параметров пленочного технологического процесса (паспортных данных) к цифровым технологиям и развитию методов сквозного фотографического контроля (СФК) на процессы с использованием цифрового архива.

Паспорт задает условия печати, обеспечивающие выровненность фильмокопии или промежуточного позитива по цвету и плотности и (или) соответствие цветового решения замыслу авторов фильма.

В фильмопроизводстве применялись аддитивные и субтрактивные паспорта. В обоих случаях имеет место матричная связь паспортных условий и результата их воздействия на цветоделенные изображения.

Основные технологические задачи состоят в следующем:

- разработать средства ввода, синхронизации и пересчета цифровых данных в соответствии с паспортными условиями,
- разработать методику проведения контроля при воспроизведении цветных негативных фильмовых материалов, содержащих шкалу СФК (РТМ 19-22-80),
- разработать алгоритмы моделирования шкалы СФК для материалов, не содержащих ее,
- разработать методику проведения контроля при хранении фильмовых материалов в цифровой форме.

3. Цветоделительная характеристика

В отличие от кинопленочного в репродукционном процессе перевода изображений в цифровую форму аналитическая и синтетическая стадии разделены. Поэтому о процессе цветовоспроизведения можно говорить лишь условно, и классические методы цветоделительных испытаний требуют соответствующей адаптации. Тем не менее, необходимость исследования и учета цветоделительных характеристик аналитической стадии существует и обусловлена следующими причинами:

Архивируемые цветные фильмовые материалы различаются по назначению (негативные, контрастные, позитивные), по типу кинопленок, по степени выцветания и др.

В каждом случае мы имеем дело с различными красителями изображения и маски. Спектральные плотности красителей, спектральные чувствительности слоев кинопленки, их градационные характеристики и параметры маскирования были в результате многолетних теоретических и экспериментальных работ подобраны таким образом, чтобы обеспечить по возможности дубликционно точное цветовоспроизведение в сквозном фотографическом процессе.

Аналогом маскирования в оптоэлектронных системах является матричное преобразование вводимых данных. Вследствие различия спектральных поглощений краси-

телей различных киноплёнок (негативных и позитивных, отличающихся по году выпуска, технологии изготовления, степени выцветания и др.) сканирование различных типов фильмовых материалов с использованием одной цветоделительной системы приводит к необходимости применения различных матричных коэффициентов. Сканеры для постпроизводства рассчитаны на работу с современными киноплёнками и для решения такой проблемы не предназначены.

Более того, фильтры цветоделительной системы сканеров обладают широкими зонами спектрального пропускания для обеспечения высокой скорости сканирования. Известно [1], что для описания цветоделения при таком анализе необходимо использовать нелинейные матричные преобразования. Только в этом случае можно обеспечить точное воспроизведение всей цветовой палитры оригинала.

Таким образом, необходимо разработать:

- тест и технологию цветоделительных испытаний для каждого технологического процесса цветовоспроизведения;
- алгоритм обработки данных изображения для коррекции цветоделительных искажений;
- установить возможность коррекции выцветания красителей; исследовать степень выцветания красителей в зависимости от типа киноплёнки и срока хранения; разработать алгоритмы расчёта параметров цветокоррекции, компенсирующей выцветание.

Выводы

1. Основной целью перевода архивных фильмовых материалов в цифровую форму является максимально возможное сохранение информации, содержащейся на плёночных носителях.

2. Процесс анализа исходных изображений неизбежно связан с внесением искажений. Задачами аналитической стадии являются, с одной стороны, разработка технических и технологических способов уменьшения или устранения искажений и, с другой стороны, контроль и регистрация искажений с целью их дальнейшего устранения программными средствами.

Литература

1. Артюшин Л.Ф. Основы воспроизведения цвета. М., 1970

Правила применения цифровых систем передачи телевизионного и звукового вещания.

Министр информационных технологий и связи Леонид Рейман подписал приказ, который утверждает «Правила применения цифровых систем передачи телевизионного и звукового вещания». Новые «Правила» регламентируют технические требования к цифровым системам передачи телевизионного и звукового вещания. По мнению экспертов, этот нормативный акт фундаментален, ведь на его основе будет происходить лицензирование оборудования.

В «Правилах» прописаны технические требования к параметрам оборудования, входящего в состав цифровых систем передачи телевизионного и звукового вещания. В списочном порядке устанавливается принадлежность оборудования к системам передачи телевизионного и звукового вещания. Более того, правилами озвучивается стандарт цифрового вещания (MPEG-4) и указывается на обязательность сертификации перечисленных типов оборудования. Правила распространяются на следующие виды оборудования:

1. телевизионный кодер, обеспечивающий преобразование электрического сигнала изображения и электрических сигналов звукового сопровождения в цифровую форму, их кодирование по стандарту MPEG-4, формирование однопрограммного транспортного цифрового потока из потоков электрических сигналов изображения, звукового сопровождения и дополнительной информации;
2. телевизионный декодер, обеспечивающий прием транспортного потока, состоящего из закодированных по стандарту MPEG-4 цифровых сигналов изображения, звукового сопровождения (вещания) и потоков данных, декодирование электрических сигналов выбранной телевизионной программы с соответствующими сигналами звукового сопровождения (вещания);
3. телевизионный мультиплексор, обеспечивающий формирование группового транспортного потока по стандарту MPEG-4, из асинхронных транспортных потоков телевизионных программ и дополнительных цифровых потоков;
4. телевизионный демультимплексор, обеспечивающий формирование из группового транспортного потока асинхронных транспортных потоков программ телевидения и дополнительных цифровых потоков;
5. кодер звукового вещания, обеспечивающий аналого-цифровое преобразование электрических сигналов звукового вещания и формирование цифрового сигнала звукового вещания со скоростью передачи $n \cdot 64$ кбит/с (n – количество канальных интервалов со скоростью передачи 64 кбит/с, занимаемых в цифровом потоке);
6. декодер звукового вещания, обеспечивающий преобразование цифровых сигналов звукового вещания, следующих со скоростью $n \cdot 64$ кбит/с в аналоговый сигнал звукового вещания;
7. устройство ввода (вывода) цифровых сигналов звукового вещания, обеспечивающее ввод (вывод) от одного до нескольких цифровых сигналов звукового вещания со скоростью передачи $n \cdot 64$ кбит/с в цифровой поток со скоростью 2048 кбит/с.

СВЕТ И ЦВЕТ

(продолжение, начало —
в третьем номере)

Г. Л. Ф. Артюшин
д. т. н., профессор, ОАО НИКФИ

Двукратное усиление цветовых контрастов мелких деталей за пределами частоты Найквиста обеспечивает не только расширение многообразия фактурных цветов, но и повышение резкости цветовых контуров. Оно обеспечивает формирование «жесткого» трехцветного видеораstra, который посредством полупиксельного сдвига трех основных цветов, осуществляет четкое разделение спектра на три основных R, G, B цвета и на три дополнительных: Y, M, C.

Повышение контраста и чистоты цвета мелких деталей хорошо для повышения четкости, но плохо для художественного уменьшения в глубину для воспроизведения зрительных эффектов рельефной и цветовой (воздушной) перспективы.

Такой же эффект излишней цветовой яркости на фоне затрудняет зрительное восприятие разноудаленных персонажей в мизансценах.

Указанные преимущества свойственны всем трем ТВ-системам (NTSC, PAL, SEKAM). Они проявляются на «малых» ТВ-экранах, а поэтому широко используются, в том числе, в цифровой видеозаписи, а также в электронном кино E-Cinema (проекция с DVD).

Недостатки – излишняя цветовая яркость и различимость растровой структуры, которые становятся более заметны на увеличенных экранах. Для устранения этих недостатков потребовалась прогрессивная развертка.

5. Экранное цветовоспроизведение

К динамическим видеоизображениям, показываемым на экране телевизоров, не предъявляются такие высокие требования по качеству цветовоспроизведения, по градации темных тонов, которые требуются в кинематографе.

Субтрактивный синтез не позволяет точно воспроизводить цвета оригинала, даже, если они правильно зарегистрированы в негативе. Красители киноплёнок обладают побочными спектральными поглощениями, загрязняющими цвета предметов, а тем более – цветные рефлексии.

Вместе с тем, субтрактивному синтезу свойственно зачернять цвета «в тенях» тем сильнее, чем слабее освещение. Поэтому киноплёночное изображение реалистичнее отображает те градации тонов, которые мы видим в привычном светотеневом освещении.

Для субтрактивного синтеза характерно повышение четкости «в тенях», а главное – повышение резкости контуров. Контурные на киноплёнке вещественны – они создаются красочным уплотнением.

В видео контуры объектов создаются изменением яркости, поэтому их резкость зависит от меняющегося светорассеяния.

Аддитивный синтез позволяет на ТВ-экране более ярко и с повышенной насыщенностью воспроизводить цвета окрасок и цветовые рефлексии.

Цветовые контрасты мы видим заведомо более яркими в телевизионном изображении, чем в действительности, и к этому привыкаем. Лишь немногие пользуются регуляторами телевизора для снижения контрастности и яркости цветов на ТВ-экране.

6. Съёмки с экрана кинескопа

Одной из весьма трудных задач при съёмке с ТВ-экрана является получение цветосбалансированного и удовлетворительного по контрастности видеоизображения.

Первая техническая причина – это определение коэффициентов контрастности. Требуется измерить логарифмированные значения яркости по меньшей мере на двух полях контрольной шкалы. Для этого требуется яркомер, отградуированный в оптических плотностях.

Второе требование – измерение светового потока должно проводиться через зачерненную внутри трубку, чтобы выделить «направленную часть» светового потока. Проводя ряд таких измерений, удастся построить характеристическую кривую ТВ-экрана, соответствующую действительности видеосъёмных градационных тонов.

Определяя отношение значения оптических плотностей, измеренных в «направленном» и «диффузном» (рассеянном) свете, можно определить «коэффициент Калье» для ТВ-яркости. Его значение в киноплёнке возрастает:

- при увеличении зернистости фотографического изображения;
- вследствие «растровой структуры» телевизионного изображения.

7. Живописность в кино- и видеоизображении

В кино- и видеоизображениях нет возможности выделять отдельные цвета изменением цветового контраста, но имеется возможность имитировать неполную адаптацию зрения на освещение.

В кино- и видеосъёмках имеется возможность осуществлять цветовую компрессию «в светах» и «в тенях». Это позволяет отобразить объекты с пониженным контрастом в соответствии с привычным зрительным ощущением, когда мы узнаем цвета окрасок при привычных изменениях свето- и цветотеневого освещения.

Цветовая тональность и колорит кино- и видеоизображения регулируются в процессе съёмки изменением градационных характеристик, а именно: большей или меньшей компрессией регистрируемых тонов «в светах» и «в тенях» изображаемого объекта.

Изменение наклона «криволинейного участка» характеристической кривой видеокамеры позволяет снижать контрастность и, тем самым, расширять диапазон регистрируемых тонов «в светах» (Knee) и «в тенях» (Black Press/Black Strith).

Изменением контрастности имитируют эффекты неполной зрительной адаптации на изменения контраста объекта и его освещения.

Различная компрессия по R, G, B каналам позволяет изменять колорит изображения в соответствии с неполной адаптацией на цветность освещения. Для реализации требуется относительный сдвиг характеристических кривых, как это делается в процессе киносъёмки и в копировании.

8. Общие принципы передачи визуальной информации с помощью кино- и видеотехнологий

Телевизионная система строится по принципу жесткой связи «камера-телевизор» – так же, как «обращаемая цветная киноплёнка».

В обращаемой киноплёнке ее экспозиция в съёмке дает конечный результат, однозначно формируемый тремя негативными изображениями в трех светочувствительных слоях.

Это требуется и в мастеринге DVD, если он проводится как в компонентной конвергенции, так и с разделением в накамерном мониторе, где осуществляется электронно-оптическое преобразование, обратное к оптоэлектронному, осуществленному в камере. Никакой визуально контролируемой коррекции в процессе магнитного копирования в различных форматах видеозаписи не проводится.

В кино, напротив, съемочный процесс на негативную киноплёнку допускает значительные отклонения от нормативной экспозиции, от нормативного цветового баланса. Составляется цвето-световой паспорт, являющийся творческим художественным продуктом фильмопроизводства.

Цветовая коррекция в копировании выполняет три функции:

- устраняет экспозиционные ошибки при предельном отклонении от норматива, допущенного в съемке;
- учитывает свойства позитивной пленки или электронно-оптического копировального устройства;
- позволяет достичь желаемого изобразительного эффекта, а именно, выравнивания по цвету введенных фрагментов фильма, чтобы получить их выровненными в желаемой цветовой тональности и применительно к заданным условиям проекции и просмотра фильма.

Есть еще два термина, близких по написанию: *dig*i и *dig*gi, но совершенно разные по смыслу; *dig*i – это оцифровка в смысле контрастности и цветовой коррекции, *dig*gi – позэлементного цветового синтеза (дигитализация).

Дигитализация при оцифровке изображения может отличаться как по методике, так и по конечному результату. При позэлементном оцифровывании создается новая изобразительная версия – самостоятельное художественное произведение.

Такая же, как в традиционном кинематографе, задача – операция копирования с визуально контролируемым выравниванием по цвету по-разному снятых фрагментов – обязательна в цифровом кино. От наблюдателя требуются навыки, как при установке света-цвета в кинокопировании.

Изменение формата кадра 16:9/4:2 в камере осуществляется посредством оптического или электронного конвертера (преобразователя **сближающего** формата).

Преобразование – «конверсия», если она проводится в копировании со сближением изобразительных результатов, например, в процессе ЦАП(А/Д) при изменении типа и частоты, называется **конвергенцией**.

Соответственно конвергенционное копирование тоже имеет смысл преобразования, которое осуществляется детерминированным сближением изобразительных ре-

зультатов или визуального контроля по монитору.

Первые работы по цифровому кино были направлены на повышение четкости изображения в многоплановых композициях, широко используемых в киноплёночном фильмопроизводстве.

Следующие – это расширение изобразительных возможностей путем возвращения оптических средств вместо их оптоэлектронных аналогов – это специальные объективы и дополнительные аксессуары избирательного и регулируемого снижения четкости в глубину изображаемого пространства.

Вместе с тем вполне объяснимы различия и изменения кино и ТВ, используемого в художественных целях, поскольку, например, первый созданный в США аналоговый ТВ-стандарт цветного ТВ – NTSC уступает по качеству стандарту PAL. Есть и ряд других причин, которые в дальнейшем привели к созданию американского цифрового ТВ-стандарта ATSC. Но даже в нынешнем цифровом ТВ-стандарте ATSC, при показе художественных фильмов осталась оцифрованная форма аналогового стандарта NTSC со свойственными ему недостатками.

К настоящему времени цифровое кино (на базе американского стандарта цветного ТВ NTSC) прочно вошло в практику киносъемки вместе с другими форматами.

Для повышения качества все эти форматы постоянно усовершенствуются.

9. Различия плёночных и современных оптоэлектронных цифровых технологий производства и демонстрации кино- и телефильма

Цифровое кино отличается от плёночного кино цифровой съемкой с цифровым монтажом видеозаписи и цифровой электронной проекцией.

В системах цифрового кино, осуществляемого по стандартам телевидения высокой четкости (ТВЧ), применяется конвергенционное копирование с переходом от киноформата к проекционному видеоформату. Причем изготавливаются, как правило, два цифровых интермедиата для ТВЧ и для малоформатного цифрового кино на DVD.

Распространение цифровых ТВЧ-фильмов в американском цифровом стандарте ТВЧ – ATSC (30 кадр/сек) осуществляется через сеть, телевизионных стандартов, работающих на частоте тока 60 Гц.

В европейских и других странах, где частота тока 50 Гц, телевизионный показ осуществляется по стандартам PAL и SECAM 625/50-625 строк с чересстрочной разверткой с кадром 25 кадр/сек. По этим стандартам вполне удовлетворительно осуществляется демонстрация кинокопий с частотой 24 кадр/сек.

Аналоговое наземное телевидение более доступно, чем цифровое. Вместе с тем оно обеспечивает вполне удовлетворительное качество изображения благодаря сохранению первичного «съемочного» цифрового потока 50/25 Мбит/с. В то же время спутниковое и кабельное

цифровое вещание обеспечивает прохождение потока в 20-17 Мбит/с.

Словосочетание ЦИФРОВОЕ КИНО – это рекламный бренд, используемый транснациональными компаниями для продвижения современных телекоммуникационных средств к покупателям.

Например, по наиболее популярной у обывателя схеме доставка ФИЛЬМА по спутниковой связи осуществляется прямо в кинотеатр. О языке и месте дубляжа говорить не принято.

Зрители считают, что к ним доставят фильм уже дублированным на их региональном языке.

Режиссеры, ожидающие расширения проката их фильмов через спутники, благоразумно не обсуждают проблемы озвучивания, а тем более возмещения стоимости или, наоборот, выплат за спутниковый «прокат» их фильмов.

Вместе с тем, понятие «цифровое кино» может быть продуктивно конкретизировано в смысле изыскания мест и средств рациональной замены киноплёнки на видеозапись. Для этого необходимо сначала определить, что такое КИНО и что такое ФИЛЬМ, а для этого требуется системно связать различные звенья всего фильмового процесса от «съёмки» до «проекции».

Фильмы делят на документальные, художественные (игровые), анимационные, научно-популярные, учебные. Для массового распространения все фильмы ранее снимались на киноплёнку и печатались на киноплёнке и проецировались с киноплёнки, как в кинотеатрах, так и по телевидению.

С введением видеозаписи и цифровых камер большая часть этих фильмов стала производиться с помощью видеозаписи. Появилось множество форматов видеозаписи, видеопроизводства, возникли проблемы по преобразованию форматов из одного в другой.

Однако в период своего наибольшего подъёма кинопроизводство также развивалась по размеру и формату кадра, множились используемые для киноизображений схемы изменения формата кадра на широкие и широкоформатные экраны (киноаналоги ТВЧ).

Изыскивались технические и технологические средства конвергенционного (сближенного) копирования для перевода киноизображения в телевизионное и, наоборот, перевода телевизионного в киноплёночное.

В НИКФИ разрабатывались различные способы такого преобразования изображений, в том числе со строчной записью электронным пучком в покадровом режиме (В. Г. Комар) и лазерным лучом в режиме замедленной механически регулируемой прогрессивной развертки (Л. Ф. Артюшин), а также копирование с 2-х цветных оригиналов 3-х цветных фильмокопий (А. И. Винокур) и с матричной цветовой коррекцией, необходимой в многозвеньевых процессах (Л. Ф. Артюшин).

Однако преодолеть временной барьер по переходу

от двухпольной черезстрочной телевизионной записи к покадровой киноэкспозиции механическими средствами, чтобы сохранить высокую четкость, не удалось.

Высококачественное кинокопирование с видеозаписи стало возможным с введением прогрессивной телевизионной развертки в формате ТВЧ.

10. Зрительное восприятие экранного изображения

В зависимости от условий кинопросмотра, а именно, от уровня освещенности экрана в затемненном зале и направленности света, зависящей от структуры поверхности экрана, зрительное ощущение градации тонов существенно изменяется.

В телевизионном просмотре зрительные ощущения еще больше зависят от соотношения яркости экрана в сравнении с неполностью затемненным фоном и от углового распределения света вокруг телевизора. Это происходит потому, что яркость телеэкрана столь высока, что именно она определяет адаптацию зрения. Высокая яркость обеспечивает психофизиологический эффект многократного увеличения насыщенности в узком поле цветного зрения. Повышая яркость экрана, при высокой четкости изображения, создают эффект перехода в заэкранное пространство. Этот эффект проявляется в том, что мы начинаем более отчетливо видеть и зрительно ощущать пространственное расположение предметов и перемещение персонажей.

11. Экспозиционные альтернативы

В кино экспонирование киноплёнки осуществляется «вручную» с ориентацией оператора на световые изменения освещенности или яркости всей сцены или отдельных сюжетно важных деталей. При этом допускаются экспозиционные ошибки и сознательно, в изобразительных целях, вносятся отклонения от нормальной экспозиции, рекомендуемой экспонометром.

Эти отклонения от нормальной экспозиции вполне допустимы, поскольку негативная киноплёнка имеет большую градационно-полезную фотографическую широту (1,5Б), чем видеокамера (0,80Б), что соответствует отношению яркости 20:1. Полезная фотоширота видео и ТВ камер почти в 2 раза меньше (0,80Б = 16 дБ).

Экспозиционные ошибки в кино корректируются при копировании позитивного изображения с негатива.

Специально сделанные «недодержанные» негативы также корректируются до изобразительно требуемой цветовой тональности позитива.

Экспонирование негативной плёнки проводится «по теням», что позволяет максимально использовать светочувствительность киноплёнки.

(Продолжение следует)



ПРОФЕССИОНАЛЬНЫЕ МИКРОФОНЫ:

ТЕНДЕНЦИИ РАЗВИТИЯ

(окончание,
начало – в третьем номере)

А.Э. Шрайбман,
к. т. н., зав. сектором лаборатории
электроакустики ОАО НИКФИ



Электретные микрофоны

Это отдельный класс внутри конденсаторных микрофонов. Принцип работы известен — это внутренняя поляризация. К недостаткам таких микрофонов относятся более высокие шумы, малая чувствительность и сложность в получении серийных образцов, с повторяющимися характеристиками. Также они боятся влаги, перепадов температур; характеристики меняются со временем. Главным достоинством таких микрофонов является низкая стоимость, поскольку их производят с использованием некоторых технологий производства интегральных схем.

Фирмы, которые производят электретные микрофоны: Beyerdynamic, Sennheiser, AKG, Audio Technica (Япония). В основном это петличные микрофоны, например, у фирмы Beyerdynamic — MCE 5 — MCE 50, MCE 80 — MCE 81, модульная система K 6 Sennheiser, петличные микрофоны AKG C 567 и C 568, обычные Blue Line, C 1000, C 5900 и C 5600, Audio Technica AT 4041.

Особое положение занимает фирма DPA (Дания). Эта фирма отделилась от фирмы B&K и занимается вопросами производства только микрофонов. Это микрофоны типа 4021, 4022 и 4023. На популярность этих микрофонов работает репутация фирмы B&K, которая создавалась десятилетиями, а также новый тонкопленочный предварительный усилитель, который имеет площадь менее 1 кв. см и позволяет значительно минимизировать размеры этих микрофонов.

Стереофонические микрофоны

Они появились на свет вместе со стереофонической записью. Первоначально это были отдельные микрофоны с диаграммой направленности «круг» или «кардиоида», которые находились на некотором расстоянии друг от друга. Однако при этом возникала необходимость тщательной подборки микрофонов, как по чувствительности, так и по частотной и фазовой характеристикам и обеспечение их одинакового ухода во времени. Все это привело к созданию стереомикрофонов, объединяющих капсулы и предварительные усилители в одной конструкции. Способы записи — это стереофония А — В, X — Y и M — S.

M — S микрофоны обладают моносовместимостью, т.е. два монофонических сигнала возникают с помощью преобразования сигналов M и S: путем их сложения M + S и вычитания M — S. Так они могут преобразовываться в сигналы X и Y, т.е. в этих микрофонах используется некоторое устройство кодировки.

Классикой в данной подгруппе являются микрофоны C 24 AKG, SM 69 Neumann. Сейчас появились новые конструкции. Например, в микрофоне RSM 191 Neumann происходит регулировка ширины стереобазы, что удобно использовать при съемках в кино и на телевидении (для синхронизации с углом обзора кинокамеры).

Микрофон CSS-5 (фирма Sanken, Япония). Назначение такое же, как у RSM 191, и принцип работы аналогичен — используются два капсуля: остронаправленный и капсуль с диаграммой направленности «восьмерка» с последующей кодировкой. Затем из них, путем сложения и вычитания, получаются сигналы X и Y каналов.

Микрофон C 522 AKG — угол поворота двух кардиоид

изменяет ширину стереобазы. С 426В AKG – регулировка диаграммы направленности нижнего капсюля и изменение ширины стереобазы путем его поворота относительно верхнего (капсюли стоят друг над другом – нижний и верхний).

Микрофон MC 742 Beyerdynamic конструктивно похож на С 426В. Каждый капсюль имеет 5 диаграмм направленности и поворачивается друг относительно друга.

Другой микрофон фирмы Beyerdynamic – MC 833. Отличается присутствием замысловатой механической регулировки. Три капсюля расположены на шарнирных рычагах, что позволяет осуществлять достаточно сложные перемещения в нескольких плоскостях.

Классические микрофоны выпускаются фирмами Sennheiser MKE 44P, Audio Technica AT 822 и AT 825, а также другими фирмами. Особо следует отметить фирму Shuers и ее микрофон KFM 6 – это два капсюля в сфере на диаметре 20 см, а также микрофон SPS 422 фирмы Soundfield (США), где четыре одномембранных капсюля образуют тетраэдр. Сигналы каждого капсюля независимы и поступают в управляющее устройство. Это дает более широкие возможности для творческой работы звукорежиссера. Система 5+1 решена в микрофоне Atmos ASM 5.1 (совместное производство фирм SPL и Brauner) – это «люстра» из пяти микрофонов и управляющий ими процессор.

Динамические микрофоны

По времени своего появления – это первые после угольных микрофонов. Они являются достаточно профессиональными микрофонами и до сих пор находят широкое применение благодаря своей неприхотливости, простоте подключения и низкой цене. В последнее время качество этих микрофонов существенно выросло, хотя и продолжает уступать конденсаторным. Что предопределяет их использование в студиях? Это и применение редкоземельных магнитов, и новые материалы диафрагм, и мономолекулярная медь в намотке катушек.

Ведущие фирмы-производители — это Shure (США), Electro-Voice, AKG. Между ними происходит ожесточенная конкуренция, которая заставляет продавать некоторые типы микрофонов по убыточным ценам от 30\$ до 70\$. При этом издержки перекладывают на более дорогие модели, выпускаемыми этими фирмами.

AKG производит динамические микрофоны для разнообразных применений: для работы в конгресс-системах (D 58), для озвучивания басовых барабанов (D 112), для репортажей и интервью (D 130 и D 230), для вокального использования (D3800 и D3900). Серия Tri-Power позволяет получать повышенное качество записи звука.

Обычно в динамических микрофонах производители предлагают специальное использование для каждого типа микрофона, чтобы согласовать их звучание с характером конкретного инструмента.

Beyerdynamic рекомендует микрофоны серии TG (TG-X20, TG-X40, TG-X60, TG-X80) для натуральных съемок и записи живого звука, MS8 – для репортажей и M 101 – для проведения «круглых столов» и систем оповещения.

Фирма Electro-Voice также предлагает достаточно широкий ряд этих микрофонов – от озвучивания басовых барабанов до записи звука на студиях. Модель RE 20 – это элитная модель, цена необычная, достаточно высокая для этого класса микрофонов-360\$.

Микрофон модели RE 36-для вокальный звукозаписи, микрофон RE 38 предлагается для звукозаписи и радиовещания и имеет 16 видов коррекции НЧ и ВЧ.

Фирма Sennheiser предлагает репортажный микрофон MD 22, микрофон MD 908 – для конгресс-систем и микрофон MD 421 для вокала.

Фирма Shure рекомендует SM 57 и SM 58 и улучшенные модели серии Beta 57 и Beta 58 – как вокальные микрофоны. В последних моделях улучшены характеристики в области низких частот и повышена отдача в области высоких частот. Микрофон 55SS-II использует ретро-дизайн. Он сочетает теплоту передач низких частот, характерный эффект присутствия и неплохую динамику на высоких частотах. Модель SS11-CN – сверхминиатюрный микрофон.

В классе **остронаправленных микрофонов** чаще всего используются конденсаторные и электретные микрофоны. Обострение диаграммы направленности достигается за счет интерференции звуковых волн. Степень обострения и частоты обострения зависят от длины акустической антенны. Чем больше длина антенны, тем ниже частота, с которой обостряется диаграмма направленности.

Эти микрофоны можно разделить на два типа: микрофоны с короткой акустической антенной, так называемые «полупушки», и с длинной акустической антенной, так называемые «пушки». Из-за физических особенностей работы обострение достигается на частотах, начиная примерно с 1 кГц. Такие микрофоны находят широкое применение в кинопроизводстве и на телевидении при записи шумов и черновых фонограмм, репортажей и интервью.

Примерами таких микрофонов могут являться: Blue Line CK 98 (AKG), MCE 86N и MEM 86 Set (Beyerdynamic), KMR 81 и KMR 82 (Neumann), MKH 60 и MKH 70 (Sennheiser), Sony C-74 и C-76.

Основные направления работ, которые ведутся сейчас по совершенствованию микрофонов этого класса – уменьшение габарита, веса, увеличение чувствительности, уменьшение шумов, использование электретных капсюлей и смешанного батарейно-фантомного питания.

Радиомикрофоны

Такие микрофоны можно разделить на ручные и карманные с петличным микрофоном типа «лаваль».

Ручные чаще всего производятся на основе известных динамических головок. Например, F-740 и F-780 (Sony), C 5900 (AKG), TG-X60 (Beyerdynamic), SM 58 и Beta 58 (Shure). Мощность передатчика составляет от 10 до 50 мВт, надежная передача осуществляется на расстоянии от 100 до 300 м, срок службы батарей от 6 до 12 часов. Для увеличения надежности приема используют систему «diversity». При этом передатчик работает на двух частотных каналах, а приемник имеет две антенны и два независимых высокочастотных тракта, из которых автоматически выбирается один с наибольшей на данный момент амплитудой сигнала. Важным параметром является несущая частота. У первых моделей радиомикрофонов этот диапазон был от 30 до 45 МГц (5 каналов), затем был использован диапазон от 169 до 210 МГц (12 каналов), и сейчас от 724 до 829 МГц или от 854 до 862 МГц (16

каналов). Чем выше несущая частота, тем лучше помехозащищенность, меньше размеры, и больше число каналов, которые можно передать в этом диапазоне. Долгие годы большинство фирм использовало головки фирмы Shure, но с 1996 года Shure не продает их другим производителям микрофонов, и первое место по использованию своих головок в радиомикрофонах других фирм занимает Beyerdynamic. При этом отношение сигнал/шум на выходе таких микрофонов составляет 60-110 дБ, что, в общем, покрывает все необходимые потребности записи звука.

В заключение рассмотрим современное положение в ведущих фирмах-производителях профессиональных микрофонов, а также новые модели микрофонов, появившиеся за последнее время в этих фирмах.



Фирма Neumann продолжает выпускать много радиовещательных микрофонов, в частности, BCM 104 (конденсаторный микрофон) и BCM 105S (динамический микрофон), вокальные микрофоны KK 104 и KK 105S (вместе с передатчиком образует радиомикрофон).

Во всем мире отмечается уменьшение интереса к микрофонам граничного слоя (PZM-микрофоны), в частности, в этой фирме, которая раньше производила много таких микрофонов, остался только один микрофон GFM 132. На базе старой 100-й серии выпускают-

такие как ME 102, ME 104, ME 105, MKE 2 Gold, MKE Platinum, MKE 2-P, MKE 40-ew. Микрофон последнего типа имеет диаметр порядка 4,8 мм, что говорит о все возрастающей потребности в микроминиатюризации петличных микрофонов, продиктованной необходимостью изменения условий и способов озвучания сценических пространств.

Среди микрофонов, выпускаемых фирмой Sennheiser, отмечается появление так называемых «бюджетных» серий, т.е. микрофонов с небольшой стоимостью, доступных более широкому кругу потенциальных пользователей. Такова, например, серия «Evolution».

Фирма выпускает также гарнитур HSP 2, HSP 4 и HS 2, репортажные микрофоны MD 21U, MD 42 и MD 46 (все это динамические микрофоны), микрофоны для конгресс-систем или, как их еще называют, инсталляционные микрофоны ME 34, ME 35, ME 36, ME 39, MZH 30, MZH 3015, MZH 3040, MZH 3042, COM 1423, COM 1424. Возобновлен выпуск старых классических моделей микрофонов MD 21U, MD 421, MD 425, MD 431 II, MD 441U. Продолжается выпуск микрофонов, построенных по модульному принципу (модульная система K6), а также высокочастотных микрофонов серии МКН. Выпускаются специальные микрофоны: MKE 44P – двухкапсюльный X-Y стерео-

фонический микрофон, MKE 300 video – специальный направленный микрофон для видеокамер.

Фирма **AKG** успешно продвигает на рынок как переработанные с учетом последних достижений технологии старые, хорошо себя зарекомендовавшие модели микрофонов C 12VR, C 426 и Solidtube, так и постоянно выпускавшиеся долгое время без изменения микрофоны C 414 и C 451.

В ряду предлагаемых фирмой **AKG** микрофонов обращает на себя внимание большое количество радиовещательных микрофонов C 4500, C 4000, C 3000 и C 2000, модульные серии Blue Line и 480-ая серия, петличные микрофоны C 77, C 417 и C 55, микрофон для записи большого барабана D 112, системы звукоусиления на «гусиных шеях», большое количество радиомикрофонов, а также анонсированная новая серия микрофонов

по разработке и производству микрофонов, воспитаны специалисты-акустики, собран парк уникальной аппаратуры. Специалисты НИКФИ вели совместные работы с фирмами Sennheiser и Microtech Gefell. Созданные микрофоны не раз использовались при записи звука на киностудиях Мосфильм, Ленфильм, киностудии им. Горького, ЦСДФ, Фильмэкспорт и т.д.

Сейчас в стране серийное производство микрофонов осуществляется только на трех фирмах: это фирма «Микрофон» (г. Санкт-Петербург), которая выпускает в основном электретные микрофоны, фирма «Октава» (г. Тула) и фирма «Неватон» (г. Санкт-Петербург). Однако даже эти фирмы все больше и больше сокращают количество и номенклатуру выпускаемых микрофонов. В отрасли кинематографии производство отсутствует.

Кроме того, все эти фирмы практически не ведут, да



«Perception»: Perception 100 и Perception 200, созданная на основе 60-летнего опыта работы инженеров фирмы **AKG**.

Фирма **Shure** продолжает специализироваться на выпуске концертных микрофонов, особенно старых моделей серий SM и Beta Performance Gear SM 48, SM 57, SM 58, SM 87A, Beta 57A, Beta 58A, Beta 87A, Beta 87C.

Продолжается выпуск старых классических моделей микрофонов 55 SH и 520 DX, студийных микрофонов: как с большой мембраной KSM 27, KSM 32 и KSM 44, так и с малой – KSM 109, KSM 137 и KSM 141, а также инструментальных микрофонов SM 81, SM 94, VP 88 (стереомикрофон).

Фирма выпускает также большое количество инсталляционных микрофонов, связных, конгресс-систем, микрофонов на гибких шеях, для объявлений, вещательных, студийных и радиомикрофонов.

Несколько слов об отечественных разработчиках и производителях микрофонов. Микрофоны разрабатываются в нашей стране с начала 60-х годов прошлого века, и основным разработчиком всегда являлся НИКФИ, который обеспечивал не только нужды кинематографии, но и других отраслей промышленности. За прошедшие годы в институте накоплен уникальный опыт

и не способны вести работы по созданию новых микрофонов. В ОАО НИКФИ, где сохранены научные кадры специалистов электроакустиков, продолжаются исследовательские работы и проектирование с учетом последних достижений мировой науки и техники. При этом микрофоны соответствуют лучшим мировым стандартам при более низких ценах.

В ОАО НИКФИ можно получить рекомендации по использованию микрофонов, провести сертификацию оборудования с использованием звукомерных камер, периодически проводить контроль характеристик микрофонов. Специалисты института помогут разработать, изготовить и отремонтировать студийные микрофоны, микрофоны для настройки залов и измерительные микрофоны для пополнения существующего парка микрофонов.

Учитывая нужды кинематографии и проблемы улучшения качества звука, представляется целесообразным перспективная разработка полностью цифрового студийного микрофона, остронаправленного микрофона уменьшенного габарита, высококачественных микрофонов для записи музыки с расширенным набором сервисных функций, транзисторного и лампового стереофонических микрофонов, а так же микрофона для записи черновых фонограмм и специализированного дикторского микрофона для дубляжа и чтения закадрового текста.



О состоянии и перспективах

ПРИМЕНЕНИЯ МАГНИТНОЙ ЗАПИСИ



Ю. А. Василевский
д.т.н., профессор, ОАО НИКФИ

Введение

Несмотря на появление в последние годы и широкое распространение, в особенности в бытовой сфере, новых систем регистрации данных – оптической записи и памяти на твердотельных картах, магнитная запись по-прежнему остается доминирующим средством накопления информации. Она и теперь более широко по сравнению с двумя упомянутыми системами используется в профессиональном телевидении, радиовещании, в производстве кинофильмов, дисков DVD (Premastering), в компьютерных технологиях и т.д. Например, новая технология производства художественных фильмов, в которой все этапы, включая киносъемку, происходят без использования киноплетки, базируется на применении жестких магнитных дисков и магнитной видеозаписи на ленту по формату HD Cam. При этом обеспечивается более высокое качество изображения, чем киноплетка.

Продолжающееся доминирование магнитной записи – это дань не только традиции или инерции, обусловленной имеющимся парком оборудования. Дело в том, что магнитная запись обладает рядом уникальных достоинств и поистине неисчерпаемым ресурсом модернизации. Она характеризуется наибольшей поверхностной плотностью накопления информации, намного превышающей плотность оптической записи и твердотельных карт памяти. Это показано в недавно выпущенных системах, о которых говорится в данной статье. Действительно, плотность

магнитной записи в конечном итоге зависит от минимальных размеров доменов. В последние годы удалось создать магнитные материалы и способы их нанесения на подложку с размерами доменов порядка десятков нанометров, почти вплотную приближающимися к минимальным размерам, теоретически предсказанным более полувека назад в работах Е.И. Кондорского и С.В. Вонсовского [1,2]. С другой стороны, плотность оптической записи зависит от минимального диаметра сфокусированного на носителе лазерного пятна, который в обозримом будущем вряд ли может составить менее 150 нм.

Другие достоинства магнитной записи – гибкость и универсальность применения. Посредством магнитной записи можно одинаково просто записывать как цифровые, так и аналоговые сигналы, использовать для нее различные формы носителей – ленту, диски, карты и т.д., а также различные материалы (например, магнитную проволоку), способные работать в экстремальных климатических условиях (температуре до 300°C° и влажности 100%). О достоинствах магнитной записи можно говорить много. Мы остановимся только на одном из них, важном для недавно появившихся накопителей аудио- и видеоинформации на жестких магнитных дисках, так называемых «системах HDD (Hard Disk Drive)» и вообще важных для многодисковых магнитных накопителей, в частности, уже давно применяемых в компьютерах. Речь идет об исключительно малой толщине (доли мм) но-

вейших магниторезистивных головок, интегрированных с головками записи. Малая толщина головок позволяет максимально сблизить соосно расположенные диски, обеспечивая при этом свободное перемещение между ними магнитных головок. Это позволяет резко увеличить объем информации на единицу геометрического объема HDD. Общий объем памяти таких накопителей достигает терабайт. В оптической записи системы с соосным расположением дисков по ряду причин практически не реализованы.

В данной статье приводится обзор некоторых разработок, характеризующих современное состояние и перспективы применения магнитной записи, рассматриваются особенности и свойства используемых технических средств.

Носители и системы магнитной записи

Исключительно высокая плотность накопления информации, которая достигается в системах магнитной записи стала возможной благодаря использованию нанотехнологии в новейших разработках жестких магнитных дисков, магнитных лент и магниторезистивных (МР) головок.

В 2002 г. японская фирма Hitachi разработала систему перпендикулярной магнитной записи на диск с продольной плотностью более 25000 бит/мм и с поперечной плотностью 6000 дорожек/мм, т.е. с шагом дорожек 0,17 мкм [3]. При этом поверхностная плотность составляет 155 Мбит/мм². Для записи с такой плотностью полюса головки имеют микроскопические размеры – их толщина всего 140 нм (размер, соответствующий ширине дорожки записи). Получается, что запись осуществляется головкой с полюсами острыми, как лезвие бритвы.

При таком размере полюсов запись без применения специальных мер становится нестабильной – записанные данные частично стираются самой головкой. Нестабильность записи объясняется затруднением образования в носителях локализованных доменов и возникновением в нем структуры, близкой к протяженной однодоменной структуре. При этом даже после прерывания тока записи, намагниченные перед этим полюса головки, создают поле рассеяния, стирающее уже сделанную запись. В разработанной головке применена конструкция, обеспечивающая образование локализованных доменов и, соответственно, стабильность записи.

Дальнейшее повышение надежности системы записи в целом достигается применением высокочувствительной головки воспроизведения с еще более узкими полюсами толщиной всего 120 нм. Головка воспроизведения основана на туннельном магниторезистивном эффекте и при токе возбуждения 0,7 мА обеспечивает выходной сигнал 5 мВ. Она воспроизводит запись с продольной

плотностью 28000 бит/мм при поперечной плотности 6000 дорожек/мм, что соответствует поверхностной плотности 166 Мбит/мм².

Жесткий диск не имеет канавок, подобно стираемому оптическому диску или подобно выпускавшимся когда-то магнитным дискам для диктофонов; заостренные полюса головок вмонтированы «заподлицо» в немагнитную пластинку, связанную с актуатором и скользящую по полированной поверхности диска.

В сообщении фирмы Hitachi приводится поверхностная плотность записи разработанной системы 155 Мбит/мм. Это значение во много раз превышает поверхностную плотность, достигнутую в любых известных в настоящее время системах записи, включая оптическую. Например, в оптических дисках HD и Blue Ray с информационной емкостью 25 Гбайт поверхностная плотность записи составляет около 23 Мбит/мм².

Таким образом, фирма Hitachi решила проблему записи с высокой плотностью посредством применения специально разработанной головки записи.

Для дальнейшего увеличения плотности магнитной записи необходимо уменьшать объем локально намагничиваемых элементов носителя путем снижения протяженности элементов вдоль дорожки записи, а также снижения ширины дорожки. Но при переходе к нанометровым размерам этих элементов возникает ограничение, связанное с размером доменов магнитного материала рабочего слоя. Некоторые магнитные материалы типа сплавов кобальт-платина или кобальт-хром-платина в сочетании со специальными способами их нанесения позволяют получить на дисках для перпендикулярной записи рабочие слои с весьма малым диаметром однодоменных столбиков столбчатой структуры рабочего слоя (рис.1) и, соответственно, с малым размером локально намагничиваемых элементов слоя. Однако при уменьшении размеров намагничиваемых элементов ниже некоторого критического значения их намагниченность оказывается нестабильной и происходит самостирание записи под воздействием тепловой энергии даже при комнатной температуре [4]. Очевидно, в этом случае размер намагничиваемых элементов становится меньше одного домена, т.е. меньше диаметра столбиков столбчатой доменной структуры.

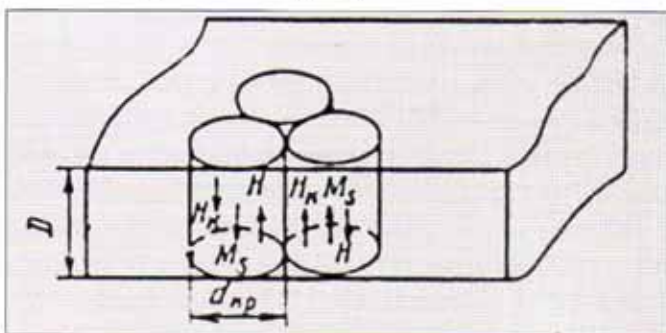


Рис. 1. Столбчатая магнитная структура (столбикодомены) рабочего слоя носителя для перпендикулярной записи

Согласно [2] минимальный размер домена может быть определен приравнением энергии электронов на границе домена и энергии обмена, представляющей собой энергию магнитного упорядочения. При отсутствии взаимодействия с магнитными полями электронов смежных доменов энергия пограничных электронов данного домена меньше и, соответственно, меньше его минимальный размер. Отсюда следует целесообразность уменьшения размеров доменов путем их, хотя бы частичной «магнитной изоляции». Однако как реализовать этот путь с соблюдением нанометровой точности размеров и расположения доменов? Методы традиционной технологии здесь неприменимы, поскольку предполагается вмешательство в молекулярную структуру вещества, что является предметом нанотехнологии.

Японской фирме Toshiba удалось снизить диаметр столбиков столбчатой структуры и привести его в соответствие с размером очень малых намагничиваемых элементов посредством отхода от применения сплошного рабочего слоя и разработки технологии получения на диске дорожек записи в виде цепочек одиночных не взаимодействующих между собой столбиков – доменов. Диаметр столбиков и соответственно намагничиваемых элементов 40 нм. На каждом элементе может быть записан один бит информации. Изготовленный по этой технологии жесткий магнитный диск стабилен, имеет улучшенные коэрцитивную силу и прямоугльность петли гистерезиса по сравнению с носителями записи с непрерывным рабочим слоем. Эту технологию фирма Toshiba назвала Artificially Assisted Self-Assembly-AASA (что приблизительно можно перевести как принудительно созданная структура элементов записи) [4]. Фирма поставила цель достичь в 2003 г. плотность записи 200 Гбит/дюйм² (310 Мбит/мм²) и была намерена выпустить в 2005 г. на рынок США комбинированный аппарат записи с дисководом HDD с информационной емкостью один терабайт [5].

В 2003 г. японская вещательная корпорация NHK приступила к разработке сверхминиатюрного жесткого диска большой емкости и дисковода для него. При диаметре 20 мм емкость этого диска составит 20 Гбайт. На нем можно будет записывать двухчасовую программу ТВЧ. Запись на диске – перпендикулярная. Рабочий слой образован перпендикулярно расположенными гранулами, представляющими собой магнитные частицы, инкапсулированные в немагнитное связующее вещество. При этом частицы изолированы друг от друга, чем обеспечивается «локализация» доменной структуры в частицах и повышенная разрешающая способность записи. Размеры частиц в процессе изготовления поддерживаются с нанометровой точностью. В результате улучшения структуры рабочего слоя удается довести длину бита записи до 30 нм. В устройстве решена проблема самостирания записи. Разрабатываемые магнит-

ный диск и дисковод предназначены для портативных аппаратов, которые обеспечат потребителю возможность записывать и воспроизводить ТВЧ «в любое время и в любой обстановке». Информационную емкость (25 Гбайт), близкую к емкости вышеуказанных магнитных дисков (20 Гбайт) имеют пока только диски HD и Blue Ray диаметром 120 мм. Нетрудно видеть, что рабочая поверхность вышеуказанных магнитных дисков в десятки раз меньше, а поверхностная плотность записи соответственно в десятки раз больше, чем у наиболее высокоразрешающих оптических дисков.

Примеры новейших высокотехнологичных разработок в области жестких магнитных дисков можно продолжить. Однако развитие магнитной записи происходит не только в этом направлении. В 2002 г. фирма Fuji завершила разработку нового способа получения магнитных лент на базе технологии Nanosubic – способе, в котором на первый взгляд, все компоненты и этапы производства лент остаются как бы традиционными: магнитный порошок – связующее – диспергирование – нанесение магнитного слоя на движущуюся подложку. Применяются два вида магнитных порошков – игольчатый порошок легированного железа и порошок феррита бария. Но длина игольчатых частиц металлического порошка не превышает 60 нм, а частицы феррита имеют форму плоского шестигранника с диаметром до 30 нм. Специально созданные связующие и процесс нанесения позволяют получить рабочий слой толщиной 50–60 нм с очень плотной и равномерной упаковкой частиц, что обусловлено характером межмолекулярного взаимодействия связующего с частицами порошка. В получаемой магнитной ленте достигается поверхностная плотность 2,5 Мбит/мм², которая в шесть раз выше, чем у видеоленты формата DVCPR0. Путем дальнейшего уменьшения размеров частиц порошка и толщины рабочего слоя специалисты фирмы Fuji считали возможным в ближайшей перспективе довести плотность записи до 31 Мбит/мм², что обеспечит информационную емкость кассеты с лентой не менее 10 Тбайт [6, 7].

В том же 2002 г. фирма Sony разработала новый формат бытовой магнитной видеозаписи MICROMV. В нем осуществляется продольная магнитная запись на металлонапыленную ленту Co-O шириной 2,5 и 3,8 мм. Для воспроизведения применяются магнито-резистивные головки. Поверхностная плотность записи составляет 31,5 Мбит/мм², что позволяет записывать 6,6 Гбайт данных на кассете объемом 12 см³, т. е. часовую видеопрограмму по стандарту MPEG-2 на кассете втрое меньших габаритов, чем в формате DVC.

Приведенный далеко не полный обзор важнейших разработок в области магнитной записи, выполненных до 2004 г. и намеченных к внедрению в производство в 2005–2007 гг., свидетельствует о непрекращающемся интенсивном развитии этого способа записи, о его

неослабевающей конкурентоспособности в мире новых способов регистрации данных. Не вызывает сомнения и то, что по крайней мере, в обозримом будущем это развитие не прекратится и не ослабнет.

Из примеров применения магнитной записи, приведенных в данном пункте, следует, что минимальный размер бита на магнитном носителе может быть значительно меньше, чем, например, в оптической записи, где он ограничен минимальным диаметром фокального пятна лазера и числовой апертурой фокусирующего объектива, что и обуславливает перспективность магнитной записи.

Устройство и принцип действия систем записи на жестких магнитных дисках и некоторые промышленные модели аппаратуры

В последние годы получили распространение магнитофоны, ВМ, видеодискофоны, аудио-и видеосерверы, в которых в качестве носителей записи применяются жесткие магнитные диски. Эту аппаратуру называют также накопителями аудио- и видеоинформации на жестких магнитных дисках HDD. Их распространение обусловлено большими успехами в технике и технологии памяти на жестких магнитных дисках, в результате которых при относительно небольших объемах блоков памяти – дисководов, удается накапливать в них более одного терабайта данных. Например, HDD с информационной емкостью 1 Тбайт позволяет накапливать видеоинформацию с вещательным качеством в течение более 500 часов, т.е. накапливать коллекцию из 200-250 кинофильмов.

Основными конструктивными элементами HDD являются дисковод, электропривод дисковода, а также магнитная головка (или головки) с держателем – так называемым актуатором и собственным электроприводом для перемещения головки по поверхности диска. Все эти элементы находятся в защитном корпусе, обеспечивающем доступ к дисководу обеспыленного воздуха.

Обычно дисковод HDD содержит один диск (рис. 2), но может содержать и пакет дисков, соосно расположенных друг над другом на минимальном расстоянии допускаящем, однако, перемещение между ними магнитных головок (рис. 3). На рис. 4 показана конструкция дисковода с креплением дисков в пакете посредством разделительных шайб и кольцевого зажима [8].

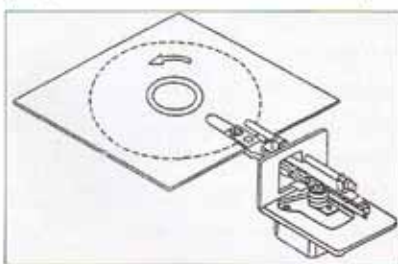


Рис. 2. Дисковод со снятой крышкой

Применение очень тонких интегрированных головок записи и МР-головок воспроизведения позволяет довести междисковые расстояния до долей миллиметра,

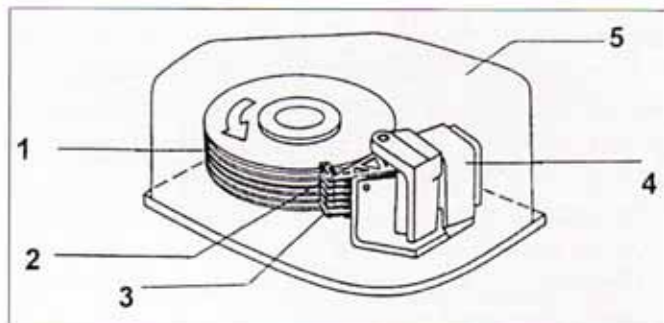


Рис. 3. Основные элементы дисковода с пакетом дисков

что сильно повышает объемную плотность записи HDD и объем накапливаемой информации. Относительно просто реализуемая возможность соосного расположения в дисковом ряду жестких магнитных дисков, позволяет довести объем памяти HDD до нескольких терабайт, что является одним из достоинств HDD. С другой стороны, систему оптической записи, состоящую из ряда соосно расположенных оптических дисков, реализовать трудно из-за проблем, связанных, в частности, с габаритами и массой лазерной головки.

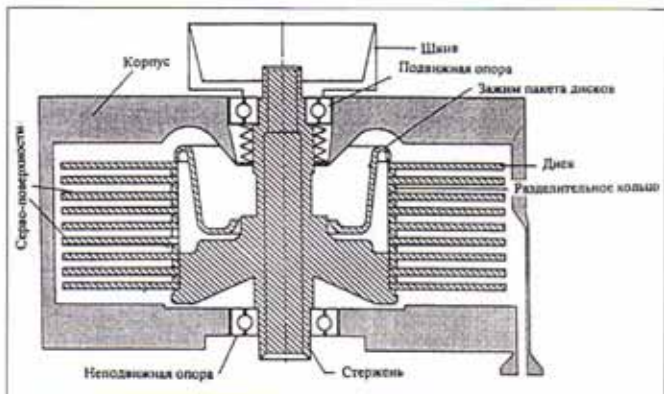


Рис. 4. Один из вариантов конструкции дисковода

Перемещение магнитной головки или магнитных головок в HDD, как и во многих других дисковых системах, обеспечивается изменением величины тока в «звуковой катушке», расположенной в зазоре магнита (как в громкоговорителе, см. рис. 5). В принципе элементы конструкции дисковода HDD аналогичны соответствующим элементам компьютерных систем памяти на

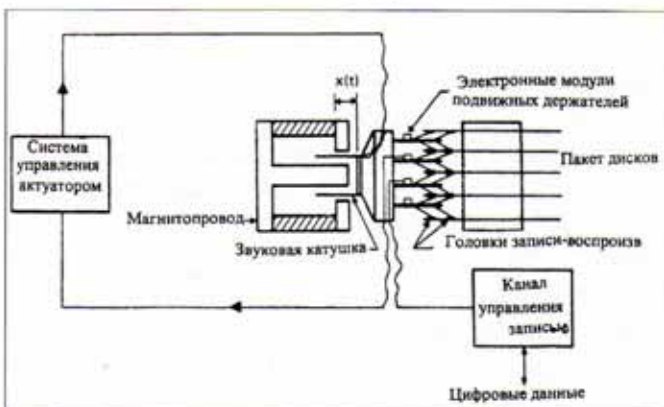


Рис. 5. Система управления дисководом

жестких (винчестерских) дисках. Отличие состоит лишь в большем разнообразии вариантов систем HDD, в частности разнообразии применяемых скоростей вращения дисков, что связано с особенностями применения HDD в различных областях регистрации данных.

Жесткий магнитный диск представляет собой круглую подложку из немагнитного сплава толщиной 0,2-0,5 мм с центральным посадочным отверстием. Диаметр дисков обычно 5-13 см. В дисках применяются металлические и порошковые рабочие слои толщиной от нескольких десятков нм до нескольких мкм, которые наносятся на обе стороны подложки. Получили распространение металлические рабочие слои, состоящие из сплава кобальта, платины, хрома и бора (Co-Pt-Cr-B), наносимые на диск ионно-плазменной металлизацией.

В HDD используется как продольная, так и перпендикулярная магнитная запись на кольцевых или на спиральных магнитных дорожках.

Накопители HDD относятся к накопителям с произвольным доступом к данным. Это значит, что для отыскания и выборки необходимой информации не требуется последовательно считывать предшествующую информацию, как это надо делать в накопителях с магнитной лентой. Диски HDD вращаются с постоянной скоростью, а магнитная головка на подвижном держателе (актуаторе) по команде кратчайшим путем подводится к любому интересующему месту на диске. Скорость вращения дисков обычно 3000-10000 об/мин, но есть системы HDD и с меньшей скоростью. При высокой скорости вращения запись и воспроизведение на дисках оказываются бесконтактными, что предотвращает их износ. Неконтакт порядка десятков нм поддерживается за счет тончайшей воздушной прослойки, возникающей при высокой скорости вращения диска.

Рассмотрим теперь некоторые промышленные образцы аппаратуры, основанные на применении HDD.

В 2003 г. швейцарская фирма Nagra выпустила двухканальный цифровой магнитофон нового поколения Nagra-V для профессиональной записи звука на жесткий диск. Информационная емкость диска 2,2 Гбайта позволяет записывать на него 2 часа цифрового звука (24 бит/48 кГц, динамический диапазон 100 дБ) и временной код. Стоимость записи одного бита на диске сравнима со стоимостью записи на цифровую магнитную ленту. Применение этого магнитофона, как и других аппаратов HDD, обеспечивает исключительно благоприятные возможности для компьютерной «обработки» записанной на нем информации. Вообще HDD характеризуются очень высокой оперативностью и удобством обслуживания. Нажатием кнопки, без зарядки кассеты или ленты, включается запись; новая информация, если нужно, записывается на месте старой; воспроизводится заданный файл и т. д.

В 2003 г. фирма RAID Inc. разработала малогабарит-

ный и легкий накопитель SpitFire модель USB1 на жестких дисках с информационной емкостью от 80 до 250 Гбайт, удобный для использования



Дисковый цифровой магнитофон

не только в студии, но и во внестудийных условиях [9]. Скорость вращения диска 7200 об/мин. SpitFire снабжен двумя портами интерфейса FireWire, поддерживает скорость передачи данных до 50 Мбит/с, а модель USB2-до 60 Мбит/с. Накопитель работает с программным обеспечением Windows 98E/ME/2000/XP и OSX. Он предназначен для работы в системах нелинейного монтажа и анимации. Стоимость накопителя емкостью 80 Гбайт составляет всего 289 долл.

Важное достоинство HDD-ВМ – возможность одновременного воспроизведения и записи двух или даже нескольких различных программ.

Очень удобно осуществляется операция так называемого временного сдвига (Time-Shifting) – произвольного, по желанию пользователя изменения времени начала и соответственно окончания ТВ-передачи. Например, идет прямая передача футбольного матча. Телефонный звонок отвлекает зрителя, который прерывает просмотр и включает HDD-запись передачи. После окончания телефонного разговора, включив воспроизведение нажатием кнопки, можно сразу же продолжить просмотр точно с того момента, когда он был прерван. При этом благодаря высоким характеристикам HDD качество передачи не изменяется. Похожую операцию можно выполнить и на VHS-ВМ, но с большей задержкой по времени (на включение ВМ и обратную перемотку ленты) и с худшим качеством.

Полностью записанный дисковод с диском или с пакетом дисков, если запись на нем желательно сохранить, может легко, примерно как видеокассета, заменен на новый дисковод.

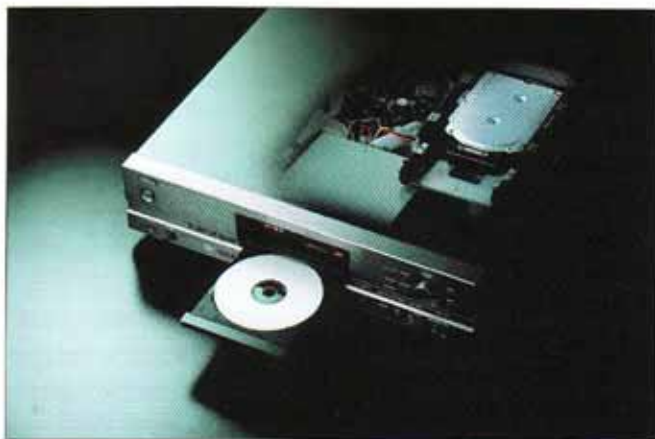
HDD часто выпускают совмещенными с телевизором, VHS-ВМ, аппаратами записи и воспроизведения оптических дисков CD, DVD и др. Например, для архивного хранения содержания пакета дисков и для накопления на нем новых программ, это содержание можно переписать на кассеты. На одном и том же аппарате возможна и обратная операция – перезапись на HDD видеокассеты или DVD-фильма. На рис. 6 показан совмещенный аппарат HDD и DVD-записи, а также совмещенный аппарат HDD-записи и DVD-плеер.



Накопитель на жестких дисках

Настольное устройство Vaio PCV-RZ 211 фирмы Sony объединяет в себя ПК и HDD-ВМ, а также аппараты записи и воспроизведения оптических дисков DVD; устройство обеспечивает видеомонтаж, выдает прогрессивный сигнал на видеопроектор, выполняет все функции ПК и т. д. Компьютерные данные устройства: Pentium 4; 3,05 ГГц; 512 RAM. Графика: NVIDIA Ge Force 4 Ti4600128 Мбайт. HDD-ВМ: 120 Гбайт [10, 11].

В заключение отметим, что на IBC-2006 демонстрировался цифровой полнометражный художественный



Дисковод внутри магнитофона

фильм, снятый, обработанный и показанный только с применением жестких дисков и магнитной ленты. Качество изображения по разрешению соответствовало формату 4K, и по этому, а также по другим показателям, характеризующим качество изображения, превышало изображение, получаемое в традиционном кинематографе [12]. В настоящее время в США и Японии существует ряд кинотеатров, способных демонстрировать такие фильмы.

Заключение

Интенсивное развитие оптической записи, пик которого пришелся на самое начало третьего тысячелетия, и широкое применение оптических дисков в аудио-видео- и компьютерных технологиях, дали повод некоторым авторам в то время говорить о предстоящей почти полной монополии оптической записи в системах регистрации данных, оставляя здесь некоторое место лишь твердотельным картам памяти. Высказывалось мнение об окончании эры магнитной записи и ее уходе в прошлое подобно тому, как это произошло с механической, термопластической и другими видами записи. Однако, «слухи о смерти магнитной записи оказались сильно преувеличенными». Обладая поистине неисчерпаемыми возможностями модернизации, магнитная запись путем использования нанотехнологии в новейших разработках жестких магнитных дисков и магнитных лент, а также магниторезистивных головок, прочно укрепила свои позиции в сфере регистрации данных. Недавно



Рис. 6. Совмещенный аппарат HDD и DVD-записи

созданные жесткие магнитные диски и системы HDD обеспечивают намного более высокую плотность накопления и скорость передачи информации, а также информационную емкость, чем любые известные системы с оптическими дисками, включая диски HB и Blue Ray. Магнитные ленты, разработанные фирмой Fuji по технологии Nanosubic, также представляют собой новый значительный шаг в укреплении конкурентоспособности магнитных носителей записи.

В эпоху перманентного информационного взрыва, в которую мы живем, с ростом информационного обмена стремительно растет и роль средств и систем регистрации данных, расширяется круг функций, выполняемых этими системами, и возникают все новые требования к ним. В этих условиях трудно говорить о монополии какой-либо одной системы записи. Поэтому, конечно, оптическая и магнитная запись, запись на твердотельных картах и другие новые системы, как например, голографическая запись, по крайней мере, в обозримом будущем будут сосуществовать. Каждая из них, имея свои особенности, полезные для выполнения какой-либо конкретной функции, будет занимать свою технологическую нишу в сфере обработки и накопления информации.

Литература:

1. Кондорский Е. И. Природа высокой коэрцитивной силы мелко-дисперсных ферромагнетиков и теория однодоменной структуры. Известия АН СССР, серия физическая. 1952. т. XVI. №4. сс. 398-411.
2. Вонсовский С. В. Магнетизм. М.: Наука, 1984. с. 60.
3. Дэни дзехо цусин гаккай си. 2002. V. 85. №8.
4. Жесткие диски с заданным расположением элементов записи. Техника Кино и Телевидения. 2003. №8. с. 37.
5. Video (Германия). 2005. №3. с. 7.
6. Перспективы магнитной ленты. Техника Кино и Телевидения, 2003. №5. с. 29.
7. NANOCUBIC – магнитные носители фирмы нового поколения Fuji film. Техника Кино и Телевидения. 2004. №3. с. 29.
8. Magnetic Recording Handbook. C. D. Mee, E. D. Daniel-Editors, Mc Craw-Publishing Company. New York. 1990.
9. TV-Technology and Production. 2003. August.
10. Waltz A., Grosse Treueheit, Video, 2003, №8, с.22.
11. Nouri S. Hard Disk Losing fur EMG-Inssets, Fernseh und Kino-Technik. 2003. №10, с. 457.
12. Комар В. Г., Блохин А. С.. Концепция технологических решений развития цифрового театрального кинематографа в России. Мир Техники Кино. 2006, №1. с. 16



Оценка качества изображения в цифровом кино

Перевод С. Блохина,
Р. Б. Ефименкова,
ОАО НИКФИ

ЖУРНАЛ SMPTE,

ФЕВРАЛЬ-МАРТ, 2007. СТР. 61-71

Assessment of ImageQuality in Digital Cinema Using the Motion Quality Ruler Method

By Reinhold Thiel, Paul Clark, Richard B. Wheeler, Paul W. Jones, Marcel Riveccie, Jean-Fabien Dupont

This paper describes a subjective image quality assessment method called the motion quality ruler (MQR) that can be used to determine the perceived quality of motion sequences. This method is an extension of a similar method that has been used to assess still image quality in photography and was standardized as ISO 20462. The MQR method provides a calibrated numerical scale in units of just noticeable differences (JNDs), and the results of different experiments using the MQR can be compared and combined, even if they were done at different times or locations. It can be used to quantify overall image quality, as well as other image attributes, in a very efficient manner over a wide range of JNDs. Results are presented from an experiment that used the MQR method to evaluate the overall quality of JPEG 2000-compressed sequences in a digital cinema environment.

Эта статья описывает субъективный метод оценки качества изображения (motion quality ruler-MQR-вектор изменения качества изображения), который может быть использован для определения воспринимаемого качества, преобразованный в цифровую форму разных вариантов движений. Этот метод является дальнейшим развитием метода, принятого для оценки качества в фотографии и стандартизированного как ISO 20462. Метод MQR обеспечивает калиброванную цифровую шкалу в единицах «минимально различимых разностей» (just noticeable differences – IND – порог различия сравни-

ваемых величин), и результаты проведенных различных экспериментов с использованием MQR могут быть сравнены, комбинированы, даже, если они были проведены в разное время и в разных местах. Они могут быть использованы, чтобы количественно оценивать общее качество изображения равно, как и других составляющих качества изображения, и это очень эффективный способ в широком диапазоне IND. Результаты, полученные на основе проведенных экспериментов с использованием метода MQR, позволили оценить общее качество сжатых в JPEG-2000 изображений в структуре оборудования для цифрового кинематографа.

Цифровое кино дает возможность установить высокие стандарты движущихся изображений. Однако необходимы удобные и понятные методы оценки воспринимаемого качества изображения с учетом процесса создания изображения, типа обработки изображения, алгоритмов компрессии, компоновки программы, распределения и технологических процессов кинопоказа.

Общие требования, предъявляемые к описываемому методу оценки качества последовательности движения.

Результаты должны быть:

1. представлены в легко воспринимаемой форме;
2. точными;
3. легко воспроизводимыми;
4. различные эксперименты могут быть взаимозаменяемыми.

Составной метод оценки должен реализовываться с использованием нужного оборудования и физического измерительного оборудования. Для субъективных оценок метод должен быть легко управляем и оказывать минимальное воздействие на эксперта.

Объективные качественные оценки с использованием методов среднеквадратичной ошибки (MSE) или пикового отношения сигнал/шум (PSNR) очень удобны, но они не всегда коррелируются с воспринимаемым качеством изображения. Более сложные, качественные методы выработаны для определённых применений компрессии. Но эти методы могут демонстрировать плохую связь с получаемым качеством и, тем самым, неприменимы для широкого диапазона влияний на изображения результатов воздействия типичного рабочего процесса. Из-за ограничений объективных качественных метрик всё ещё необходимо использовать субъективные выводы, чтобы оценить получаемое качество. В течение последних лет были развиты различные субъективные оценки качества.

Далее приводится сравнение некоторых из этих методов и их недостатки. Дополнительное обсуждение методов содержится в [2-5].

Обзор методов субъективной оценки качества

Метод парных сравнений

При этом методе сравнения эксперта просят выбрать одно из двух имеющихся изображений, одновременно представленных. Как правило, эксперт должен выбрать такие характеристики, которые позволяют оценить большую или меньшую степень качества. Этот метод получил название «навязанный выбор парного сравнения» (Forced Choice Paired Comparison – FCPC).

Этот **парный метод** соответствует принципу минимальной различимой разницы (JND), которая определяет результат характеристик в пропорции 75:25. Две эти характеристики, на основании которых выбирается оценка качества, различаются на 1 (один) JND. Это значение иногда принимается как 50%-ый JND, потому что соотношение 75:25 в оцениваемых характеристиках означает разницу между двумя характеристиками, реально определяемую 50%-ми времени наблюдения экспертами. А в остальных случаях в соответствии с теорией вероятности качественная разница рассчитывается по формуле:

$$50\% + (50\%) = 75\%$$

Одна единица 50% JND может быть принята в качестве наименьшей значимой единицы непрерывной шкалы качества. Если качественная разница двух изображений увеличивается, то увеличивается количество единиц JND, которое их разделяет. Например, требуется разница в 6 JND, чтобы перейти в субъективные характеристики качества от одной характеристики к другой (например, от хорошей к лучшей). Качество разницы в 1 JND не является приемлемой к рассмотрению, так как при этом уровне только половина экспертов замечают разницу. Разница в 2 JND, видимая 87% экспертов, принимается за минимальный порог различия.

Другие значения JND вычисляются по формуле:

$$JNDs = \frac{12}{\pi} \cdot \sin^{-1}(\sqrt{p}) - 3,$$

где p – вероятность выбранной характеристики сравнения качества изображения.

Парные сравнения обеспечивают более высокие уровни точности и надежности, то есть показывают некоторые потенциальные ограничения, которые должны быть учтены. Одно ограничение говорит о том, что вычисление JND является надежным лишь тогда, когда обозначения отличаются не больше, чем на 1.5-2.0 JND. Если качественное различие между образцами становится большим, парная техника сравнения приводит к почти одинаковому мнению экспертов. Кроме того, если число экспертов невелико, то даже малая их часть может значительно влиять на результаты, вычисленные большей частью. Итог: парные сравнения дают наилучший результат, если обозначения довольно близки по качеству. Другое ограничение парного метода сравнения – большое количество оценок, которые могут требоваться от каждого эксперта. Например, если есть различные методы сжатия N и цель состоит в том, чтобы оценить относительные различия между ними, то полное исследование сравнения требовало бы $N \times (n-1)/2$ сравнений. Эксперт быстро утомляется, когда N является большим.

Метод ранжирования

В методе ранжирования качества эксперта просят установить ряд показателей согласно увеличению или уменьшению признака качества. Ранжирование качества может рассматриваться как ряд парных сравнений, и надлежащий показатель разряда эквивалентен полному циклу парных исследований. Определение показателя качества может быть утомительным для эксперта, из-за этого процесс ранжирования часто дает худший результат, чем полное парное сравнение. Кроме того, определение показателя качества может стать некорректным при больших качественных различиях между образцами точно так же, как для метода парных сравнений.

Для цифрового кинематографа метод ранжирования трудно осуществлять, потому что эксперту предъявляется одновременно много образцов при тех же самых условиях рассмотрения. Много последовательностей изображений, показываемых одновременно, обуславливают повышенное утомление эксперта и снижают точность измерения.

Описательный метод

В описательном методе эксперта просят представить результат как конечное число описательных категорий

(превосходно, хорошо, справедливо, плохо и т. д.). Это довольно простая задача для эксперта, но качественный метод имеет различные проблемы, включая величину оценочного диапазона, квантование категории, преобразование оценок в числовую величину, различие культурного уровня экспертов и нестабильность оценок в течение длительного времени.

Невозможно сравнить результаты, полученные другим экспертом, и соотнести описательные категории с JND. Результаты могут различаться в зависимости от культурного уровня и от их получения даже у одного и того же эксперта.

Конечные результаты зависят от числа категорий оценки качества, эффектов диапазона, склонности эксперта использовать промежуточные категории оценок. Эксперт обычно использует относительно небольшое количество от общего числа имеющихся оценочных категорий, при этом индивидуальные оценки имеют достаточно большой разброс. Для получения достоверных результатов необходимо произвести много измерений. Двусмысленность описательных прилагательных также приводит к большому количеству неуверенных результатов. Преобразование качественных показателей в числовые оценки затруднено из-за эффектов диапазона и квантования. Невозможно однозначно соотнести описательные категории с JND, при этом очень трудно сравнивать результаты одного качественного показателя экспериментов с другим.

Метод тройного сравнения

В методе тройного сравнения эксперта просят одновременно измерить три испытательных показателя по определенным признакам. Тройки результатов могут рассматриваться как комбинации элементов парного сравнения, ранжирования и категориям сорта. Показано, что метод тройного сравнения может дать результаты, подобные парному методу сравнения, но со значительно меньшим временем оценки (1/3 по отношению к парным сравнениям) и, соответственно, снизить усталость эксперта [4].

Несмотря на потенциальные преимущества перед парными сравнениями, тройные сравнения трудно использовать в кино, потому что они требуют одновременного показа трех образцов при одинаковых условиях рассмотрения. Единственная демонстрация, разделенная на три секции, обеспечивает меньшую площадь измерения, чем двойное изображение для парных сравнений. Это может снизить точность тройного метода сравнения и более того, сэкономленное время, может оказаться ненужным, если будет рассмотрено относительно малое количество примеров.

Метод числовой оценки

В методе числовой оценки эксперта просят определить числовую величину каждого показателя, при этом числовое значение пропорционально качеству оценки. Как правило, дается эталонный показатель с определенным качеством для определения исходной величины оценки. В то время как оценка величины могла преодолеть многие недостатки качественного метода (эффекты диапазона, квантования категории, двусмысленность описательных категорий), преобразование результатов числовой оценки в JND затруднено.

Образцы качества – новая парадигма

В качественном методе эксперта просят сравнить испытательный образец с рядом других образцов, которые изменяются только по одному качественному показателю (например, фокусировка). Образцы используют только единственную сцену, и пары смежных образцов отличаются известным числом JND (типично 1-3 JND). Полный набор образцов может покрыть большой диапазон качества, но любая единственная оценка ограничена двумя смежными образцами, которые являются наиболее близкими по качеству. Это означает, что любые оценки образца охватывают только небольшой диапазон. **Рис. 1** иллюстрирует общую концепцию направления качественного образца, где тестовый образец сравнивается с рядом изображений, что формирует вектор качества. Образец в этом примере изменяется только по фокусировке.

Поскольку образец уже калиброван в JND, достаточно просто преобразовать любую индивидуальную оценку в JND. Требуется только взглянуть на таблицу образцов. Метод свободен от двусмысленностей описательных прилагательных, и это дает повторяемость результатов при сравнении различных экспериментов. Хотя конструирование вектора качества по JND не просто, использование таких векторов является интуитивно простым. Таким образом, оценки могут быть сделаны весьма быстро, и усталость эксперта минимизирована. Когда качество тестовых образцов изменяется в широком



Рис. 1. Концептуальные примеры качества тестовых изображений различной резкости.

диапазоне, образцы, полученные этим методом, имеют значительное преимущество перед другими методами оценки по скорости и точности.

Характеристика, которая меняется при процессе определения качества – есть фокусировка, потому что она обладает следующими важными свойствами:

- может быть легко изменена, используя простую обработку изображения;
- мало зависит от содержания сцены и смены эксперта;
- сильно влияет на качество изображения.

На первый взгляд непонятно, почему образцы, отличающиеся только по фокусировке, могут использоваться при оценке других показателей качественных ухудшений, типа эффектов компрессии или шума. Это происходит потому, что задача, которая представлена экспертам при оценке полного качества изображения, сводится к довольно простому рассуждению – какое изображение они предпочли бы в сравнении с изображением, имеющимся в их памяти. Образцы, основанные на изменениях фокусировки, успешно использовались как характеристики 23-х ключевых признаков качества изображения (например, шума, цветопередачи, шкалы тонирования, выходного динамического диапазона, корреляции и т.д.) в исследованиях, содержащих тысячи индивидуальных характеристик экспертов.

По сравнению с другими субъективными качественными методами, качественный метод по образцам имеет более низкую среднеквадратичную ошибку для единственной оценки (один эксперт, оценивающий единственный показатель). Среднеквадратичная неопределенность единственной оценки была 2,5 JND, в то время как категорический метод имел 7,8 JND, а метод числовой оценки давал 4,3 JND [3]. Нетрудно вычислить число наблюдений, которые необходимы для уменьшения СРЕДНЕКВАДРАТИЧНОЙ неопределенности до желательного уровня. Например, эксперимент с использованием трех испытательных сцен и 10 экспертов имеет СРЕДНЕКВАДРАТИЧНУЮ погрешность:

$$(2.5\text{JND})/(3 \times 10)^{1/2} = 0.5\text{JND} \quad [5]$$

При реализации метода вектора качества серия эталонных черт представлена в виде, обеспечивающем быструю идентификацию образца, самого близкого по качеству к испытательному образцу. Большое количество исследований с использованием данного метода описано в [2 и 3]. Это позволило создать образцы в фильмокопии и электронной копии. Подобные рассуждения могут использоваться, чтобы создать оценку качества по методу MQR для эффективной оценки изображения эффективным способом.

Основа MQR состоит из исследуемой последовательности кадров и их сравнения с последовательностью образцов разной точности, где содержание сцены одинаково, как для теста, так и для исследуемых изображений. Предпочтительно использовать один и тот же проектор при сравнении, так как чрезвычайно трудно одинаково настроить два разных проектора. В результате наилучший способ применения измерения качества изображения (MQR) состоит в том, чтобы показать испытываемое изображение и тест последовательно в симметрическом, обращенном виде, т.е. «бабочкой», как показано на рис. 2. Способ «бабочки» был выбран потому, что при этом ограничиваются сканирующие движения глаз, что облегчает процесс выбора. Очевидно, что два изображения по очереди синхронизируются в момент демонстрации, когда изображения представлены сторона к стороне. Эксперт должен решить, какое из двух изображений обладает эквивалентным общим качеством (или каковы другие признаки качества, такие, как фокусировка, еще представлены). Если нет, то эталонный пример из MQR меняется в соответствии с вектором качества в сторону более высокого или низкого качества. Этот процесс продолжается до тех пор, пока не получен общий уровень качества. Выбранный уровень фиксируется. Для ускорения процесса решения и уменьшения усталости эксперта спроектирована

интерактивная система управления просмотром и автоматизированная система записи. Они описаны ниже.

Конструирование и использование MQR

Конструирование вектора качества требует знаний характеристик изображения и условий показа для достижения соответствующей калибровки. В этой статье рассматривается типичная установка кинопоказа, содержащая цифровой кинопроектор и оборудование зала. Это измерительное оборудование создано фирмой Кодак для проведения

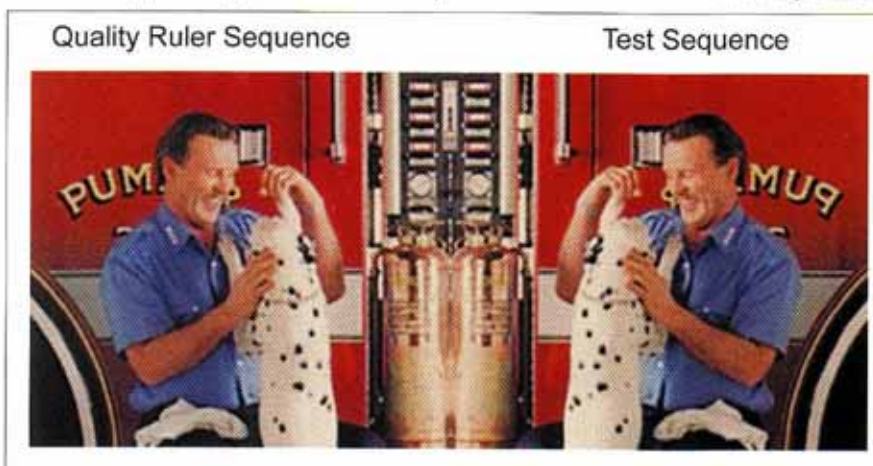


Рис. 2. Примеры изображения типа «бабочки» при сравнительном исследовании.

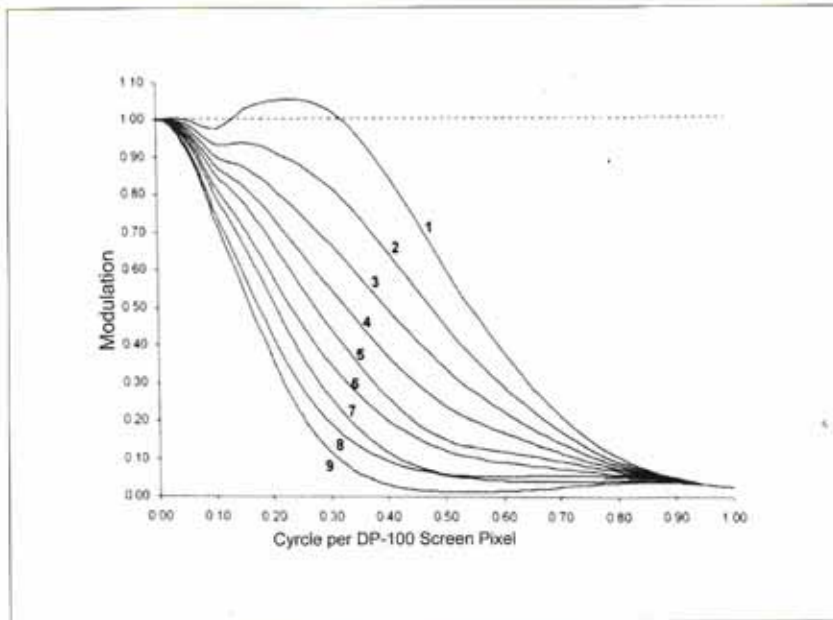


Рис. 3. Кривые функции передачи модуляции изображений от 1 до 9 с шагом 2 JND

измерений качества. Однако общие методы и описанные особенности являются аналогичными тем, которые получаются при развитии MQR для других типов изображений и оборудования.

Помещение и оборудование для проведения испытаний фирмы KODAK

Испытательный центр Кодак по цифровому кинематографу расположен в центре Парижа. До него легко добраться общественным транспортом от главных аэропортов и железнодорожных станций. Само помещение представляет собой среднего размера зал на 120 мест с размером экрана 7 м (ширина) и 3,6 м (высота) с расстоянием наблюдения 14 м.

Система проецирования — проектор DP-100 Varco D-Cine с разрешением 2048 x 1080 пикселей, описанный в следующей главе, был настроен и протестирован так, чтобы находиться в соответствии с пунктами DCI, [6]. Проектор был калиброван по яркости и цвету. Калибровка производилась Photo Research, Inc. спектрофотометром Model PR-705.

Последовательный контраст был измерен по методике для проекторов цифрового кино, применительно к театральным условиям показа, согласно пунктам DCI, и составлял величину 1880:1. Вычисление ANSI контраста дало значение 152:1, и спад яркости от центра до краев экрана был менее 20%.

Из-за особенностей проекции по принципу «бабочки» важно было тщательно настроить и проверить вертикальную ось системы проецирования по всему экрану. Проектор был установлен так, чтобы оптическая ось изображения кадра была перпендикулярна центру экрана. Использовались специальные тестовые изображения, чтобы проверить ровность экрана и геометрию. Цифровая коррекция размеров и трапеции не требовалась. Было определено значение MTF за плоскостью экрана для установки оптимальной фокусировки проектора.

Использовался изготовленный по заказу сервер, чтобы создать несжатый 10-битовый логарифмический контент с разрешением 2K формата DPX на проектор через 12-битовый интерфейс

DVI. Для поддержки необходимых функциональных возможностей MQR был использован пользовательский интерфейс к серверу. Этот интерфейс описан ниже.

Создание эталонных изображений

Образцы качества изображения в нашем испытании — это однородный ряд изображений, который покрывает расширенный диапазон фокусировки. Желательные изменения фокусировки для образца каждого уровня были получены при обработке цифровых файлов изображения с пространственными фильтрами, обеспечивающими получение семейства кривых MTF, показанных на рис. 3. Кривые на рис. 3 получены экспериментально при измерении на экране. Каждая последующая зависимость отличается от предыдущей двумя JND. Фактические сцены, используемые в исследовании, имели различные степени визуальной фокусировки, и эффективная значимость JND для каждой сцены была визуально определена ступенчатой процедурой FCPC.

(Продолжение следует)