



# цифровое фото: на гребне волны

Внешне большинство цифровых камер мало чем отличается от обычных фотоаппаратов.

В обоих случаях, чтобы сделать снимок, нужно направить объектив на объект съемки и нажать кнопку. Но на этом сходство заканчивается.

Антон Крайний

Фотография развивалась и возросла в течение последних ста шестидесяти с лишним лет, а цифровые видеотехнологии переживают период своего младенчества. Они появились на свет в лабораториях и студиях лет двадцать назад, и только через десять лет оказались на прилавках. Все эти годы цифровая фотография стремительно совершенствовалась (качество снимков, интерфейс, работа самих камер). То же относится и к многочисленным дополнительным возможностям, характерным для любого цифрового устройства. Словом, цифровая фотография начала XXI века находится на той же стадии, что автомобильное строение в начале XX столетия: возможности уже ясны и основные принципы уже заложены, но внешне безлошад-

ные повозки еще напоминают фаэтоны и кареты. Революция уже произошла, и дальнейшее развитие цифровой фотографии будет носить скорее эволюционный характер.

До сих пор основной задачей «цифры» было «догнать и перегнать» традиционную фотографию. (Подобно тому, как первые кинофильмы были всего лишь театральными постановками на экране; однако вскоре выяснилось, что возможности кино намного шире.) Теперь становится ясно, что цифровая съемка не ограничится созданием отпечатков на бумаге или целлулоиде и обещает стать активным средством визуальных коммуникаций. Записав зрительный образ в цифровой форме за несколько минут (или секунд), с ним можно делать что угодно: тут же отпечатать, вывести на экран, запустить в Интернет или передать по телефону, в том числе мобильному. И все это скоро можно будет сделать даже без помощи компьютера, поскольку большинство соответствующих функций предусмотрены самой камерой. Собственно говоря, это уже происходит благодаря прямому беспроводному доступу типа IrDA к принтерам, телефонам и сети. Цифровой фотоаппарат *Hewlett Packard PhotoSmart 912*, например, снабжен инфракрасным портом, и нажатием одной кнопки любой отснятый фотофайл (после предварительного просмотра на ЖК-дисплее аппарата) можно отправить на специальный фотопринтер производства **Hewlett Packard** или, скажем, на другую камеру. Только что выпущенная цифровая камера *Ricoh RDC i700* позволяет с помощью встроенной панели управления, похожей на интерфейс PDA, автоматически отправлять снимки в Сеть через имеющийся модем. При этом можно передавать не только неподвижные кадры, но и видео, и текст, и аудио. Вся информация собирается в виде HTML-файла. К *i700* можно подключать периферийные устройства вроде дополнительного модема или карт типа LAN и ATA, а в самой камере имеется встроенный сетевой браузер. Похожими функциями обладает и *Polaroid PDC-640M* со встроенным модемом (56,6 Кб/сек) для подключения к телефонной линии и прямым доступом к фотосайту **Polaroid**.

В 2001 г. некоторые фирмы представили недорогие цифровые камеры (например, *Kodak mc3* и *Samsung Digimax 35 MP*), которые могут записывать и воспроизводить файлы MP3. Многие современные аппараты позволяют записывать короткие аудио- и видеосюжеты с низким разрешением, которые можно затем воспроизводить на самой камере или по телевизору, а также передавать и демонстрировать через Сеть. Пока еще не появились аппараты, поддерживающие «продвинутые» протоколы передачи данных вроде *Bluetooth*, но с уверенностью можно сказать, что в ближайшем будущем и такие технологии найдут свое место в цифровых камерах.

Из этого не следует, что простые цифровые камеры, которые умеют только делать снимки, навсегда уходят в прошлое, — но внимание потребителей все больше привлекают многофункциональные аппараты.

Устройство цифровых камер становится все сложнее, а сами камеры при этом продолжают

уменьшаться в размерах. Аппараты размером с кредитную карту или наручные часы — например, *Casio QWV1-1CR* или *SMAI's Ultra Pocket* — уже появились в продаже, и, в принципе, ничто не мешает цифровым камерам «съежиться» до размеров запонки или заколки для галстука. Вопрос размера, конфигурации и сочетания самых различных, иногда неожиданных возможностей зависит только от изобретательности производителя.

Для того, чтобы представить себе перспективы электронной фотографии, рассмотрим принципы работы цифровой камеры. Но для начала вспомним, как работает обычный аналоговый фотоаппарат.

Свет, отражаемый объектом съемки, проходит сквозь линзы объектива, которые фокусируют его и направляют на тонкую целлулоидную ленту, покрытую светочувствительной эмульсией. Попадая на эмульсию, свет вызывает мгновенную химическую реакцию, которая позже, после обработки пленки, проявляется и закрепляется в виде изображения объекта.

В обычном аппарате имеются всего два устройства, которые регулируют количество света, попадающего на фотопленку. Это затвор — металлическая (иногда матерчатая) шторка или створки («ламели»), которые быстро открываются и закрываются, определяя «выдержку» (промежуток времени, когда пленка подвергается воздействию света) и диафрагма — отверстие, регулирующее световой поток. Вместе эта пара параметров называется «экспозиция» и определяется специальным устройством, которое называется «экспонетр» и, как правило, встраивается в саму камеру. Конечно, большинство современных, особенно любительских, фотокамер выставляют экспозицию автоматически, с помощью разнообразных устройств (цифровых и аналоговых), встроенных в аппарат и самостоятельно определяющих точную выдержку и диафрагму.

Таким образом, фотография представляет собой частью механический и оптический, частью химический процесс, который, в сущности, мало изменился с тех пор, как был изобретен Дагером в 1839 году\*.

В цифровой фотографии процесс получения снимка более многоступенчат, но его основные принципы, скорее всего, останутся неизменными еще долгие годы, независимо от грядущих технологических усовершенствований.

В цифровой камере тоже есть объектив, но он фокусирует свет не на пленку, а на светочувствительные ячейки полупроводниковой микросхемы, которая называется «имидж-сенсор». Сначала имидж-сенсор реагирует на воздействие света, играя роль светочувствительного элемента экспонометра. Затвор в цифровой камере может быть механическим (как у пленочных камер), оптическим («оптическое реле» перед сенсором) или полностью электронным (в качестве затвора используется сам сенсор, временем активности которого управляет таймер). После срабатывания затвора имидж-сенсор фиксирует световую картин-

Становится ясно, что цифровая съемка не ограничится созданием отпечатков на бумаге или целлулоиде и обещает стать активным средством визуальных коммуникаций.



Один из самых спорных вопросов в истории фотографии. Большинство профессионалов считают её изобретателем Нисефора Ньепса (1765-1833), который в 1793(!) в письме к брату Клоду изложил концепцию фотографии (он называл ее «гелиография»), а в 1827 сделал на асфальтовой пластине фото вида из окна своей мастерской, изображение было обнаружено лишь в 1952 году историком фотографии Гельмутом Гернскеймом. Тем не менее 150-летие фотографии с большой помпой было отмечено в 1989 году... — Прим.Ред.

Фотография

представляет собой

частью механический,

частью химический

процесс, который,

в сущности, мало

изменился с тех пор,

как был изобретен

Дагером в 1839 году.

ку и передает ее в виде электрических зарядов на микросхему аналого-цифрового преобразования, которая записывает сигнал в виде цифрового кода.

Далее этот код обрабатывается процессором (в цифровой камере может быть несколько процессоров для различных приложений — ASIC и главный процессор — CPU). В результате визуальная информация становится графическим файлом («имидж-файл»). Потом этот файл можно загрузить в компьютер, отправить на принтер или вывести на экран монитора или телевизора. Кроме того, имидж-файл можно сразу же вывести на ЖК-дисплей самой камеры и обработать.

Таким образом, цифровая камера — небольшая легкая коробочка, которая умещается на ладони и работает от батарейки,— оказывается довольно сложным устройством, плотно набитым микроэлектроникой и способным мгновенно обрабатывать массу различной информации.

Но чтобы разобраться в том, чем одна камера отличается от другой, стоит подробнее коснуться деталей и отдельных моментов съемки.

### Имидж-сенсоры

На сегодняшний день наиболее значимым показателем качества цифровой камеры считается количество пикселей, которое камера может запечатлеть,— то есть насколько большим и детальным может быть изображение. Это зависит от физических размеров и плотности имидж-сенсоров: микросхем CCD (Charge-Coupled Device) или CMOS (Complementary Metal Oxide Semiconductor), являющихся самым главным элементом, «сердцем» цифровой камеры. Имидж-сенсоры — это кремниевые чипы со множеством светочувствительных диодов (фотоэлементов), расположенных в виде решетки. Эти фотоэлементы и называют «пикселями». Пиксели реагируют на свет, создавая электрические заряды, пропорциональные яркости — количеству попавшего на них света.

Количество пикселей в имидж-сенсоре либо указывается в виде соотношения сторон сенсора — например, 640x480 (то есть количество пикселей по ширине, умноженное на количество пикселей по высоте), либо выражается общим числом, например, 1 000 000 пикселей (или 1 мегапиксель, 1 MP). Слово *pixel*, кстати, образовалось как сокращение от *picture element*, то есть «элемент картинки», и действительно обозначает самый мелкий элемент цифрового изображения, который может быть измерен, сохранен или показан.

Иногда в технических характеристиках чипов CMOS или CCD производители указывают два разных числа — например, 3 340 000 и 2.11 MP. Первое всегда обозначает общее количество пикселей на сенсоре, второе соответствует количеству активных пикселей, то есть тех, что действительно ис-

пользуются для фиксации изображения объекта. Разница между ними обычно составляет менее 5%.

Это несоответствие объясняется несколькими причинами. Во-первых, при производстве микросхемы некоторые пиксели всегда оказываются дефектными — так называемые «темные» пиксели (при нынешнем уровне технологии создать идеальный, активный на 100% имидж-сенсор практически невозможно). Во-вторых, часть пикселей может использоваться для других целей, например, для калибровки сигналов, поступающих от сенсора. Для этого небольшое количество пикселей по краям чипа специально маскируют, защищая от воздействия света, и определяют так называемый темный фоновый ток (другими словами — шум), который они генерируют, чтобы затем вычесть его значение из реальных данных изображения. В-третьих, поверхность сенсора частично закрывают по краям, чтобы создать изображение с определенным соотношением сторон по горизонтали и вертикали.

Заметим, что зависимость качества изображения от размеров сенсора носит не линейный, а скорее логарифмический характер. Изменение количества пикселей с 3 MP до 4 MP приведет к увеличению размеров изображения не на 25%, а на меньшую величину. Поэтому новейшие камеры с имидж-сенсорами повышенной плотности обеспечивают лишь незначительное увеличение размеров изображения.

Сегодня во всех любительских цифровых камерах используется один сенсор типа CCD или CMOS. В некоторых профессиональных аппаратах класса high end и в качественных цифровых видеокамерах применяется сразу несколько сенсоров, при этом поступающий из объектива свет разделяется между ними поровну с помощью оптического делителя (призмы). Мультисенсорные системы позволяют устранить искажения цветопередачи и цветные окантовки (красные, синие и зеленые). Но мультисенсорные камеры получают более громоздкими, менее прочными, нуждаются в более качественной оптике и требуют более прецизионных технологий при производстве. Соответственно, они и стоят обычно дороже, чем камеры с одним сенсором.

Интересно, что общее количество пикселей в мультисенсорных камерах не всегда можно сосчитать арифметически. В стандартном варианте (который применяется в большинстве мультисенсорных камкордеров) для каждого из первичных цветов — красного, синего и зеленого — используется отдельный чип CCD или CMOS с полным разрешением, который отвечает за 1/3 цветовой информации каждого пикселя. Это означает, что в трехсенсорной видеокамере с общим числом пикселей 3 MP каждый сенсор располагает тремя миллионами пикселей. Но в цифровых фотокамерах (рассчитанных только на неподвижное изображение) информация от нескольких сенсоров может распреде-

ляться различным образом в зависимости от марки аппарата и конкретной модели.

В некоторых трехсенсорных камерах разрешающая способность каждого сенсора составляет 1/3 от общего разрешения картинки. Тогда применяется интерполяция. В других каждый сенсор выдает комбинацию первичных цветов, которые объединяются, проходя специальный, сложный алгоритм. Например, в уже снятом с производства аппарате *Minolta RD-175* имелось 3 сенсора CCD — два зеленых и один красно-синий. (Система с двойным зеленым схожа с описанным ниже цветным фильтром Байера для устройств с одним сенсором.) В каждом сенсоре *RD-175* содержалось менее полумиллиона пикселей, но информация пересчитывалась таким образом, что общее разрешение картинки оказывалось довольно приличным — 1.7 MP.

Во многих цифровых камерах только определенная область в пределах отдельно взятого пикселя обладает светочувствительными свойствами. Эту особенность учитывает так называемый коэффициент заполнения (fill factor). Поэтому очень важно направить максимальное количество света именно в ту область, которая способна зафиксировать его. Для этого в большинстве любительских камер имидж-сенсоры снабжены микролинзами, которые расположены над каждым пикселем и направляют фотоны в светочувствительный «колодец» пикселя. Расположенный в верхней части колодца фотодиод фактически превращает эти фотоны в электроны, и весь колодец становится своеобразным конденсатором, способным сохранять электрический заряд.

Поскольку имидж-сенсоры могут реагировать только на яркость света и не различают цветов, в цифровых камерах обычно используют цветные фильтры, которые располагаются между микролинзами и колодцем пикселя. Фильтры сделаны так, чтобы каждый пиксель получал только один цвет. Есть много вариантов построения системы цветных фильтров в зависимости от выбранной комбинации первичных цветов (красный, зеленый и синий) или дополнительных цветов (циан, маджента, желтый)\*. Но какой бы тип фильтров ни использовался, идея одна и та же: пропустить только тот цвет, который требуется, чтобы каждый пиксель видел только

один цвет, одну длину волны. Все фильтры, кроме того, делаются так, чтобы свести на нет цветные «артефакты» и интерференцию между соседними пикселями, обеспечив тем самым верную цветопередачу (позднее мы расскажем, как имеющийся в камере процессор составляет изображение из цветных точек, зафиксированных пикселями).

Одним из наиболее популярных и широко используемых цветных фильтров является фильтр Байера, в котором красные, зеленые и синие фильтры расположены над пикселями в шахматном порядке, причем зеленых клеток в два раза больше, чем красных и синих. Такое расположение объясняется тем, что человеческий глаз более чувствителен к длине волны, соответствующей зеленому цвету, чем к длинам волн, которые соответствуют красному и синему цветам. Поэтому удвоенное количество зеленых пикселей обеспечивает для зрительного восприятия большую яркость и более естественную цветопередачу (подобным образом задается удельный вес зеленой цветовой компоненты в композитном яркостном видеосигнале). Кроме того, благодаря такому расположению фильтров изображение кажется более четким.

Различие между восприятием цвета и его объективными измерениями породило целую науку. Есть множество решений этой проблемы, и фирмы, производящие цифровые камеры, используют различные модели цветных фильтров и разные алгоритмы для достижения наилучшего, по их мнению, качества цветопередачи.

Продолжение следует...

\*циан — ярко-синий, маджента — пурпурный.

