



(Часть 3)

Обработка изображений

# Все оттенки цифры

В первой статье сериала, посвященного цифровой фотографии, мы занимались свойствами аппаратуры, вторая была посвящена композиции и техническим приемам получения снимков. В последней статье мы поговорим об изображении как таковом и обсудим, как можно производить дополнительную обработку фотографий на компьютере.

**Д**ля редактирования цифровых снимков мы, естественно, должны иметь на компьютере соответствующую программу — графический редактор. Существует множество различных продуктов, начиная с бесплатных программ, которые позволяют производить основные действия, и программ, прилагаемых к цифровым камерам, вплоть до профессиональных пакетов, ориентированных на подготовку снимков для печати или публикации в Интернете. В этой статье мы опишем основные принципы редактирования

цифровых фотографий, причем будем считать, что почти во всех случаях имеется в виду программа Adobe Photoshop.

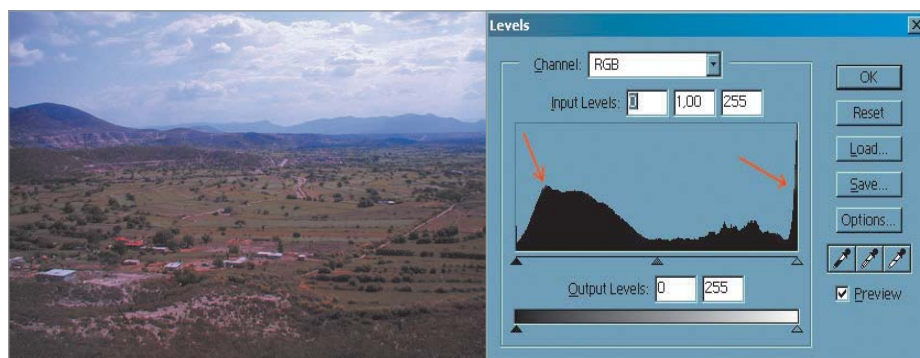
## Глобальное изменение изображения

Типы изменения изображения можно разделить на два основных класса: глобальные изменения изображения и локальные. Глобальные состоят, главным образом, в изменении контраста или цветового тона, яркости, резкости или изменении размера изображения и »

» т. п. Локальными называются в основном изменения типа ретуши, удаления деталей, локального сглаживания и т. д. Все глобальные изменения изображения можно применять также локально, если мы выберем некоторую его область. Рассмотрим сначала глобальное изменение изображения.

### Гистограмма

Одной из основных величин, позволяющих производить количественную оценку каждого цифрового изображения, является его гистограмма. Гистограмма — статистическая величина, которая показывает, сколько пикселей соответствует каждому цвету в изображении. Если, например, изображение двухцветное, то в гистограмме будут лишь две величины: число пикселей одного и другого цветов. Так как изображение имеет три цветовых канала, его гистограмма имеет три составляющих. Однако всегда вместе с составляющими RGB (красный, зеленый, синий) задается еще интенсивность, которая соответствует средней величине всех трех каналов. В некоторых программах мы можем встретиться с интенсивностью света или освещен-



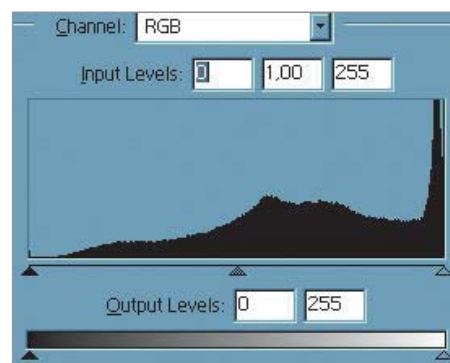
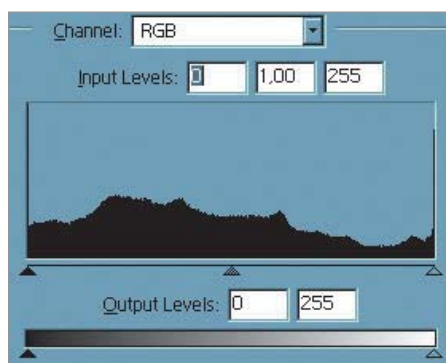
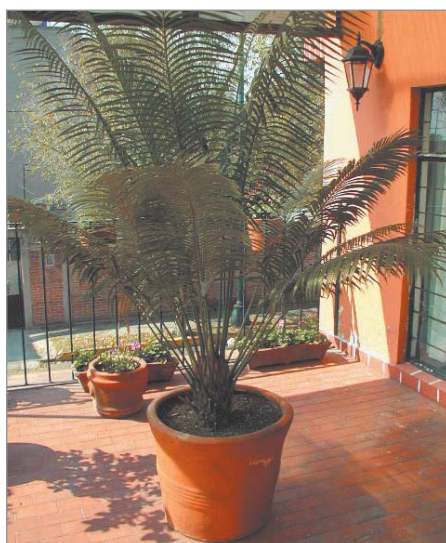
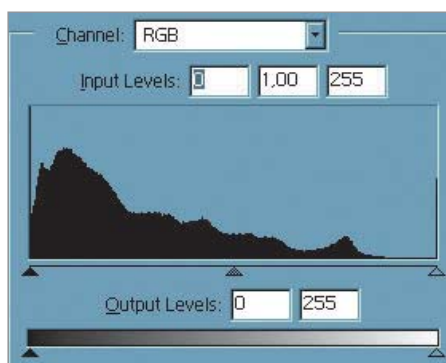
▲ Рис. 1 (а, b). Фотоснимок и его гистограмма

ностью. Некоторые высококачественные цифровые фотоаппараты показывают гистограмму прямо на жидкокристаллическом дисплее.

Почему гистограмма так важна? Посмотрим на снимок и его гистограмму (рис. 1а, b). Что мы можем получить из нее? Левая часть гистограммы, то есть там, где находится низкая интенсивность яркости, называется тенью (shades), средняя часть — средней яркостью (mid-tones), а правая светлая часть — яркой (lights). Здесь можно видеть, что это изображение имеет

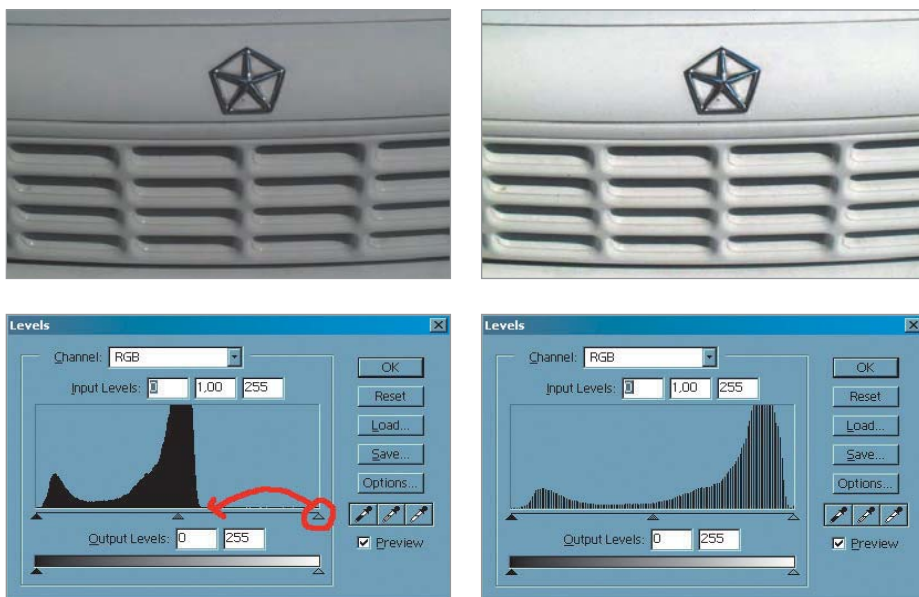
максимальное число пикселей в левой части гистограммы, так как в данной области изображения преобладает низкая интенсивность. Второй стрелкой обозначена область с большой интенсивностью яркости — очевидно, здесь находятся пиксели, отвечающие за изображение неба. В этом изображении большое число темных пикселей и большое число светлых пикселей, то есть здесь мы имеем высокую контрастность. Это обстоятельство мы обнаружили на гистограмме, не глядя на сам снимок.

Так как у нас имеется большое число пик- »



▲ Рис. 2 (а, b, c). Фотоснимки с разной экспозицией (контрастом) и соответствующие гистограммы





▲ Рис. 3 (а, б). Обработка снимка переносом «белой точки» на гистограмме

» селей в левой части гистограммы, там изображение в целом темное (low-key image), пиксели в правой части, наоборот, соответствуют светлому изображению (high-key). Изображения с большим количеством интенсивностей в центре имеют обычно низкую контрастность (average-key). Эти случаи иллюстрируются на рис. 2а, б, с. Первое изображение, очевидно, темное, и этому соответствует его гистограмма, второе изображение, в целом, ровное. Последнее изображение слишком светлое, об этом говорит пустая левая часть гистограммы.

Обычно наилучшая гистограмма — это та,

которая содержит все величины. При этом не играет роли, какой интенсивностью они представлены, важно лишь то, что имеются все величины. Если некоторые величины отсутствуют, это означает, что из 256 возможных цветов мы используем только часть. Это обычно приводит к пережженным местам на фотографии, к однородным темным пятнам или пятнам одного цвета и т. п.

Существует ли способ спасти фотографию с плохой гистограммой? Фотография содержит большое количество информации, и добавить что-либо очень трудно. Можно различными способами ее модифицировать, что-

бы улучшить восприятие, но сложно добавить к уже полученному изображению что-либо существенное. Поэтому используемый некоторыми фотографами подход «как-нибудь нащелкаю, а дома в тепле исправлю» не оправдывает себя. Отсутствующую информацию добавить нельзя.

Качественные программы позволяют редактировать гистограмму двумя разными способами: прямым доступом и с помощью так называемых кривых или поисковых таблиц (look-up table).

### Непосредственное изменение гистограммы

Расскажем о редактировании темного изображения с помощью программы Photoshop. На рис. 3а показан оригинал и его гистограмма с предполагаемым изменением (рис. 3б). Это изображение имеет плохо настроенную интенсивность белого цвета, так называемую белую точку. Передвижением курсора на первый нужный светлый цвет мы перенесем гистограмму вправо, растянем ее и переместим среднюю зону интенсивности (mid-tones) в более светлую область. Очевидно, что гистограмма исправленного таким образом изображения использует весь диапазон интенсивности, но тем не менее она несколько рваная. Это произошло потому, что исходное изображение не использовало весь динамический диапазон: в результате мы не можем получить большую интенсивность, и некоторые значения просто будут отсутствовать. »



## Представление и хранение изображений

### Что же у нас есть на диске?

#### Сколько битов и сколько цветов?

Изображение, которое имеется в компьютере, состоит из элементов изображения (пикселей). Каждый пиксель содержит некоторое множество битов для представления цветовой информации. Основной и наиболее употребительный режим имеет 24 бита для каждого пикселя, то есть по восемь битов для красного, зеленого и синего компонентов цвета. Тем самым мы имеем в своем распоряжении 16 777 216 цветовых комбинаций. Это число кажется огромным, но на самом деле этого мало. Человеческий глаз может различить 168 млн цветов, однако одновременно только около десяти тысяч. Из этого следует, что хотя на экран компьютера мы

можем вывести изображения с высоким качеством, но цветовой передачи многих реальных изображений мы не получим.

Взгляните на солнце, попробуйте его сфотографировать и посмотрите потом на изображение на снимке. Цифровой фотоаппарат не может передать такую большую световую интенсивность, а монитор компьютера не сможет ее отобразить. Такая же проблема имеется и в другом конце динамического диапазона. Ночью человеческий глаз может приспособиться к очень малой интенсивности света (светочувствительные ячейки реагируют даже на один-единственный фотон), однако на цифровом фото-снимке мы увидим только шум, главным образом потому, что цифровая камера не

может реагировать на такую низкую интенсивность, а также потому, что монитор не может ее отобразить.

Изображения, которые располагают тремя байтами цветовой информации на каждый пиксель, называются true color (естественная передача цвета). Так называемые изображения high color (улучшенная передача цвета) используют два байта на один пиксель, потом цветковая информация представляется в режиме 5-6-5, то есть шесть битов для зеленого цвета, по пять битов для красного и синего. Человеческий глаз наиболее чувствителен к зеленому цвету, поэтому его настройка наиболее тонкая. Сравнительно популярным форматом, особенно при отображении на web-страницах,

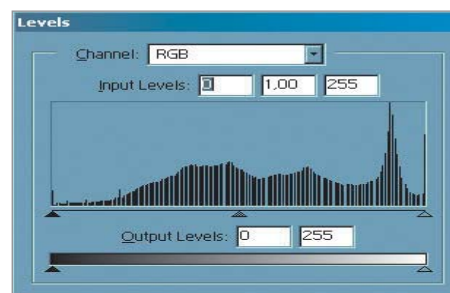
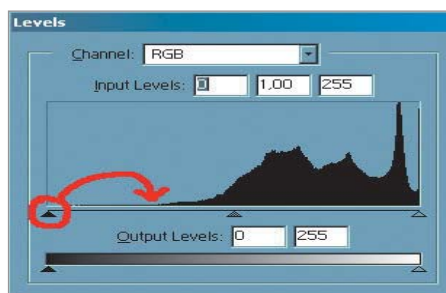
» Изображение на вид лучше оригинала, но если бы мы сделали исходный снимок более качественно (здесь я бы порекомендовал при съемке увеличить диафрагму), то и результат был бы лучше.

Как показывает пример на рис. 4а, б, таким же образом мы можем отрегулировать и так называемую черную точку гистограммы. Обратите внимание на то, что надпись на коробке от чая вследствие отсутствия некоторых цветов заметно искажена.

Средний ползунок на линейке с начальными величинами гистограммы служит для перемещения средней части гистограммы по направлению к темным или светлым величинам или для изменения контрастности. Если мы переместим этот ползунок, например, в левую часть, то все, что находится между этим ползунком и максимальной интенсивностью, сожмется, а все, что находится между минимальной интенсивностью и ползунком, растянется. В целом изображение станет более светлым. Подобные изменения более точно можно сделать с помощью кривых.

## Кривые

Одним из наиболее мощных инструментов глобального изменения гистограммы является совокупность кривых редактирования. Эти кривые описывают функцию, которая определяет, как изменяется выходная величина пикселя в зависимости от входной величины, и таким образом служат фильтрами для изменения интенсивности цветов. Ось X соответ-



▲ Рис. 4 (а, б). Обработка снимка переносом «черной точки» на гистограмме

ствует интенсивности исходного пикселя, а ось Y — величине после применения кривой. Таким образом, кривая, имеющая угол наклона 45°, соответствует исходному изображению, так как при этом никаких изменений нет. Посмотрим на рис. 5. Точка со значением 1/2, то есть с интенсивностью 128, перемещается в 1/4. При этом происходит снижение интенсивности. Так как кривая непрерывна, то происходит изменение и других величин. По существу, только две величины остаются неподвижными: 0 и 255. Все, что мы можем сделать с помощью прямого доступа к гистограмме, мы можем осуществить и с по-

мощью кривых. Например, перемещение белого центра на одну четвертую по направлению к более темным величинам соответствует перемещению максимальной интенсивности кривых влево (рис. 6). Обратим внимание на то, что если увеличивается градиент кривой, то также происходит увеличение интенсивности соответствующих пикселей и наоборот.

Но есть изменения, которые можно произвести только с помощью кривых, прямой доступ к гистограмме здесь не подойдет. Самым важным из них является так называемая S-кривая и обратная S-кривая. С помо-

»



## Представление и хранение изображений

является формат GIF, в котором на каждый пиксель имеется один байт. При этом можно отобразить лишь 256 цветов, что может показаться чудовищно мало. Однако основным свойством этого представления является так называемая цветовая палитра, которая говорит, какому цвету отвечает какой индекс. В нашем случае цветовая палитра выбирает из 16 миллионов цветовых оттенков только тот, который в настоящее время используется. В силу того, что изображение именно с помощью палитры индексирует цветовое пространство, этот режим называется также Index Color (индексированное представление цвета). Формат GIF возникает обычно вследствие преобразования из изображения true color, а способ преобразования определяет палитру. Существуют довольно хитроумные способы выбора основных цветов так, чтобы

на первый взгляд было незаметно, что имеется только 256 цветов, — это и мало и много, но с большинства точек зрения этого количества цветов достаточно.

## Сжатие

Важным параметром изображений, хранимых на диске, является способ их сжатия. Несжатое изображение занимает много места, поэтому его желательно каким-то способом уменьшить. К несчастью (с точки зрения сжатия), изображение содержит большой объем информации и небольшой объем избыточности данных, поэтому сжатие обычно сделать непросто. Один из способов, которым можно осуществить сжатие, является удаление определенной информации или округление того, что не очень важно с точки зрения восприятия. Именно такое избыточ-

ное сжатие является основным принципом формата JPEG. Если мы храним изображение в этом формате, то теряем большую часть информации, касающейся каких-либо деталей. При повышении степени сжатия (что приводит к еще меньшему размеру файла) эти потери становятся более значительными. Кроме того, JPEG, по своей сути, при большом коэффициенте сжатия изменяет цвет некоторых пикселей, даже целых областей размером 4x4 пикселей. Форматы типа TIFF или PNG используют метод сжатия LZW без потери информации. Хранимое в этих форматах изображение обычно имеет больший объем, чем в JPEG, но в точности отвечает снимку, сделанному на цифровой камере. Поэтому мы должны решить, что предпочтительнее: экономия памяти и потеря деталей или качество.

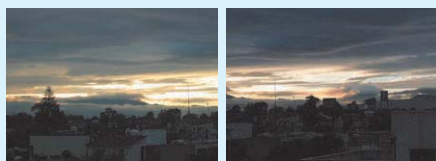


## Панорамные снимки

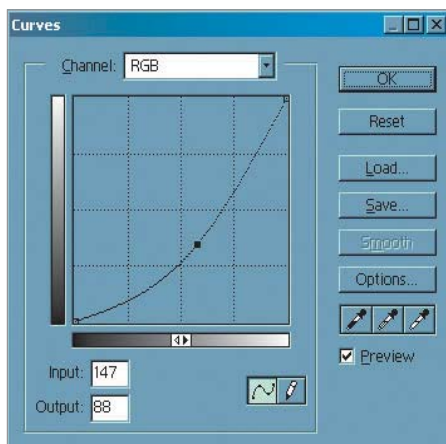
## Объединение фотографий

Некоторые цифровые фотоаппараты имеют функции создания панорамных фотографий, однако во многих случаях нельзя обойтись без ручного объединения. Примером могут служить сканированные фотографии или карты.

В первую очередь фотографии должны перекрываться. Если отсутствуют общие элементы, соединение фотографий очень сложно. Обе фотографии нужно обработать в цветовом отношении таким образом, чтобы они были согласованы в цвете, по крайней мере, в общей части, после чего открыть в программе, которая позволяет работать послойно и, главным образом, с прозрачностью. Сначала вставим в итоговое изображение первую из двух фотографий. Затем вставим вторую, но настроим ее прозрачность таким образом, чтобы можно было видеть фон. Теперь постараемся поместить оба изображения так, чтобы они как можно точнее соответствовали друг другу. Во многих случаях нам не обойтись без перспективной коррекции изображений. Если все в порядке, поставим прозрачность в переднем изображении на нуль и обрежем полученную фотографию до нужной величины. В некоторых случаях изображения могут оказаться несоответствующими по цвету, или будет наблюдаться значительное несоответствие в месте перехода между слоями. В таком случае следует немного размазать место стыковки.



▲ Объединение фотографий



▲ Рис. 5. Выделение низкой интенсивности с помощью кривых редактирования

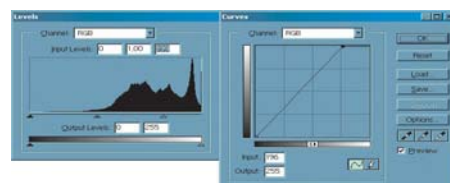
» щью S-кривой мы повышаем контрастность изображения и наоборот (рис. 7a, b).

### Резкость

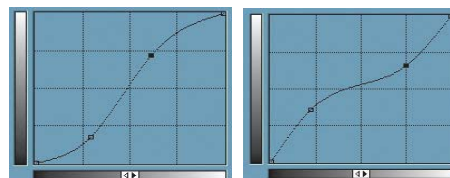
Еще одним важным типом глобального изменения изображения является изменение его резкости. Не пользуясь штативом, редко удастся удерживать фотоаппарат неподвижно, значит, изображение всегда несколько размыто. Человеческий глаз чувствителен к границам изображения, по границам мы распознаем объекты, и поэтому их нарушение является существенным недостатком при визуальной оценке качества изображения. Увеличение резкости обычно заключается в более четком обозначении границ в изображении. Прежде всего, определяются все границы, которые просто добавляются к объекту. Относительно мощным (хотя несколько усложненным) инструментом в Photoshop является функция Unsharp Mask, которая обрабатывает область вокруг пикселя, вычисляет распределение характеристик в области и на этой основе изменяет значение пикселя. Обычно рекомендуется использовать функцию увеличения резкости многократно, так как ее применение приводит к дублированию границ и негативным дополнительным изменениям.

Уменьшение резкости изображения является одной из основных функций для устранения шума. Шум и по существу вся информация в изображении (включая границы) просто распределяются по своей окрестности. Одним из главных инструментов для устранения шума является так называемый фильтр монокль (median). Функция размытия в движении (motion blur) может устранить некоторые погрешности, вызванные дрожанием руки при длительной экспозиции.

Применение этих фильтров иллюстрирует-



▲ Рис. 6. Перенос «белой точки» с помощью кривых редактирования



▲ Рис. 7. Обработка контрастности изображения с помощью S-кривых

ся на рис. 8a, b, c. На первом из них показано размытое изображение, в середине — умеренно исправленный в цветовом отношении оригинал, на третьем — изображение после увеличения резкости.

### Изменение размеров и цифровое масштабирование

Одной из наиболее часто используемых операций является изменение величины изображения. Для этой операции всегда необходимо проводить так называемое предварительное квантование. Цифровое изображение определено только в дискретных величинах, а именно, точно измеряется числовая величина пикселя в его центре, и эта величина приписывается всей поверхности пикселя. Если изображение увеличивается или уменьшается, необходимо каким-то образом вычислять новые значения в центрах пикселей. Для этого изображение необходимо сначала перевести в непрерывное описание и снова провести квантование. Новую величину пикселя мы должны вычислить по имеющимся значениям. Для этого используется окрестность пикселя, причем здесь необходимо учитывать три основных обстоятельства: величину используемой окрестности, способ вычисления новой величины и распределение пикселей в сетке. Оптимальным является распределение типа мозаики, подобно тому, как это происходит у насекомых, то есть когда соседние пиксели удалены друг от друга равномерно. Однако на практике мы обычно имеем цифровой фотоаппарат с классическим разложением элементов. То есть, чем больше мы используем пикселей, тем лучших результатов достигнем. Самым распространенным случаем, который дает очень качественные результаты, является бикубическая



» интерполяция (при которой производится интерполяция на плоскости сплайнами третьей степени в обоих направлениях). В некоторых программах (ACDSee) можно встретиться с фильтром Ланцоша или с интерполяцией Митчела (подробнее о некоторых методах интерполяции вы сможете узнать на сайте российского института РосНИИ ИС по адресу <http://www.niis.ru> в разделе «Курсы по высшей математике»). Чаще всего применяются варианты интерполяции, когда используется окрестность из шестнадцати пикселей, хотя некоторые из этих видов интерполяции могут несколько затемнять изображение. Во всех случаях имеет смысл применить все три фильтра и сравнить результаты. Обычно самой главной проблемой является то, что все изменения размеров приводят к уменьшению резкости изображения. Поэтому, если мы хотим иметь изображение в формате 800x600 пикселей, то лучше всего так и фотографировать.

Что же такое цифровое изменение масштаба изображения digital zoom, которым так гордятся производители фотоаппаратов? Оказывается, речь идет всего лишь об изменении величины изображения с помощью некоторой интерполяции. Эта интерполяция не может внести в изображение никакой новой информации, поэтому это просто некоторый трюк. Изображение фотографируется при максимально возможном разрешении, а потом искусственно увеличивается. Не лучше ли его увеличить с помощью некоторой программы, чем пользоваться встроенной функцией фотоаппарата? Ответ — нет. Цифровой фотоаппарат не



▲ Рис. 9. Устранение царапин на фотоснимке клонированием

отображает пиксели непосредственно, а производит вычисления по четырем (трем) соседним ячейкам. Перед каждой ячейкой фотоаппарат имеет цветной фильтр, и значение пикселя вычисляется как взвешенное среднее для значений этих ячеек. Если мы увеличиваем изображение какой-то программой, то производим два действия: перевод из ячеек цифровой камеры в пиксели изображения и собственно увеличение. Увеличение в фотоаппарате производит изменение масштаба изображения непосредственно на ячейках фотоаппарата, то есть здесь производится адаптивное изменение масштаба, которое использует особенности фотоаппарата. Поэтому изменение масштаба с помощью встроенной функции фотоаппарата всегда приводит к лучшим результатам — при этом отсутствует потеря информации.

В заключение приведем одно замечание. В некоторых хороших фотоаппаратах в качестве альтернативы используется формат изображения RAW. Этот формат представляет собой необработанные данные, получаемые с фотоаппарата. Хотя такие данные, как правило, можно редактировать только программами, прилагаемыми к фотоаппарату, они представляют собой максимально приближенное изображение к полученному камерой.

### Локальные изменения

Достаточно часто нам нужно откорректировать лишь определенный участок изображения — известным примером может служить исправление красных глаз, получающихся в результате отражения света от сетчатки. Локальные изменения можно сделать, пользуясь двумя основными метода-

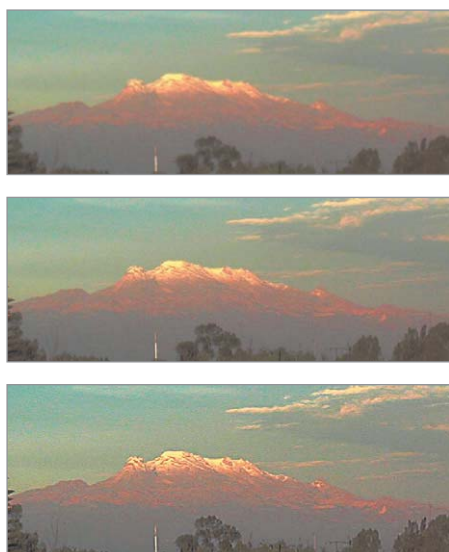
ми: выбором части изображения и применением глобальных изменений, а также с помощью различных функций, которые предлагает программа обработки.

Одной из наиболее часто употребляемых функций является так называемое клонирование, которое служит для копирования выбранной области изображения из одного места в другое. Посмотрим, как работает этот инструмент. На рис. 9 приведена поцарапанная фотография. Учитывая, что фон у фотографии простой, лучшим способом исправления недостатка является перенос пикселей из ближайшей окрестности. Для этого вызовем инструмент клонирования и вместе с нажатой клавишей «Alt» щелкнем по области, которую необходимо перенести, — после этого остается лишь подтвердить преобразование. К локальным операциям принадлежат, прежде всего, местное увеличение или уменьшение резкости, различного рода «замазывания», изменения цветового тона и т. д. Главным различием между применением глобальной операции в выбранной части изображения и применением большинства других функций являются, во-первых, возможность усиления действия операции при повторном нажатии, а во-вторых, возможность настройки влияния функции на границу области.

### Заключение

Возможности обработки цифровых фотографий на компьютере настолько велики, что мы в этой серии статей смогли познакомиться с ними лишь поверхностно. В дальнейшем мы еще вернемся к этой теме и приведем примеры некоторых наиболее совершенных методов.

■ ■ ■ Бедрих Бенеш



▲ Рис. 8 (а, б, в). Обработка фотоснимка увеличением резкости