

Панорама



п а н о р а м а (сущ.) [введено в речевой обиход в 1789 г. шотландским художником Робертом Баркером (Robert Barker, 1739-1806) < греч. PAN (весь, каждый, универсальный) + греч. HORAMA (вид) >]

1. а) изображение или серия изображений ландшафта, исторического события и т.п., представленные на сплошной поверхности, окружающей зрителя; циклорама;
 - б) изображение, развернутое перед зрителем таким образом, чтобы создать впечатление его непрерывности;
 2. неограниченный вид во всех направлениях;
 3. исчерпывающее изучение, оценка предмета;
 4. непрерывная серия сцен или событий; постоянно меняющаяся картина;
- п а н о р а м н ы й (прилаг.)

Что такое панорама

За более чем 150 лет существования панорамной фотографии не прекращаются споры и дискуссии о том, какое изображение можно назвать панорамным. Подавляющее большинство участников таких дискуссий соглашается с тем, что основным 'панорамным' признаком является соотношение сторон изображения, которое не должно быть меньше 2:1. Дальше начинаются разногласия. Одни утверждают, что важной характеристикой панорамного снимка является угол зрения объектива в горизонтальной плоскости, который не должен быть меньше 70 градусов (90, 120 и т.п. в зависимости от степени радикальности дискутирующей стороны). При этом в большинстве случаев отказывается в праве на существование панорамным снимкам, полученным простым форматированием регулярного фотографического изображения (24x36 мм, 6x6 и т.д.). Некоторые утверждают, что истинной панорамой можно считать только ту, которая получена с использованием аппарата с поворотным объективом или аппарата, врачающегося вокруг вертикальной оси (очевидно в силу достаточно специфичного вида проекции объекта изображения на поверхность снимка, о чем речь пойдет ниже). И, наконец, самое радикальное мнение состоит в том, что истинно панорамным является изображение, охватывающее все 360 градусов.

Трудно не согласиться с тем, что определяющим для панорамного изображения является соотношение его сторон. Оно никак не должно быть менее 2:1. На рынке профессиональной фотоаппаратуры слово 'panoramic' в названии аппарата появляется именно тогда, когда он дает возможность получать кадры размером 6x12 и шире. Угол зрения также безусловно важен. Но более важным фактором, по мнению автора, является, если так можно выразиться, 'панорамная фотогеничность' объекта съемки. Далеко не всякий сюжет ложится в рамки панорамного формата. Более того, не все правила хорошей композиции применимы в панорамной фотографии. Весьма популярное среди фотографов, работающих в традиционном прямоугольном формате, и довольно

действенное 'правило третей' (композиционный центр должен располагаться на расстоянии 1/3 размеров сторон от краев изображения) в панорамной фотографии практически не работает. В то же время весьма приветствуется наличие на изображении 2-х и более композиционных центров расположенных таким образом, что бы дать взгляду зрителя 'походить' по всей поверхности вытянутого кадра. Вряд ли, скажем, стоит фотографировать вашу любимую кошку или собаку, панорамным аппаратом. В то же время живописный ландшафт с несколькими крупными объектами переднего или среднего плана очень часто достоен того, чтобы быть запечатленным на пленку широкого формата.

Что касается виртуальных панорам, рассматриваемых на экране монитора в окне с соотношением сторон, не превышающим, как правило, 2:1, то все равно исходным изображением здесь является панорамная фотография с соотношением сторон от 2:1 (для т.н. сферических панорам) и выше (для круговых панорам). Так что они также по праву могут быть отнесены к панорамным изображениям. Кроме того такие изображения выглядят довольно привлекательными и будучи перенесенными на фотобумагу.

Здесь интересно упомянуть о том, некоторые фотографы вообще отказывают в праве панорамной фотографии на существование. В российском интернете автору как-то довелось прочитать весьма образное сравнение панорамной картинки с тем, что можно увидеть лишь через 'смотровую щель бронетранспортера'. В зарубежном интернете также часто проскальзывают подобного рода суждения, высказываемые, правда, в значительно более корректной форме. На одном из интернетовских форумов автор прочитал следующее:

'Я заметил, что многие из панорамных фотографий, выполненных фотоаппаратом Hasselblad XPan и помещенных в интернете, имеют весьма посредственное качество. Основная причина этого, как мне кажется, кроется в композиционном решении изображения. Слишком много панорамных картинок страдают отсутствием вкуса и, в основном, представляют довольно унылое зрелище. Возможно это присуще всем экстра-широким изображением: подчеркнутые горизонтальные линии ассоциируются с позами спящего. Возможно также, что поиск нужного композиционного решения для вытянутого по горизонтали формата просто затруднителен. Панорамные изображения, полученные X-Pan'ом, значительно шире того 'идеального прямоугольника', о котором мы узнали в школе. И т.д. и т.п.' (Заметим, что вместо XPan'a здесь можно было бы вставить название любого другого аппарата аналогичного формата.)

Это послание вызвало интенсивную дискуссию (в основном со ссылками на сайты признанных мастеров панорамной фотографии в поддержку противоположного суждения).

Не могу, также, не привести довольно любопытное высказывание еще одного участника этого форума:

'Вместо того, чтобы брать голливудские (имеется ввиду широкоформатные фильмы - прим. автора) и квазинаучные подходы к композиции, не лучше ли изучать панорамы на примерах панорам? Я бы предложил присмотреться к традиционной китайской живописи. Некоторые горизонтальные форматы имеют размеры 1 x 12 футов (30 x 360 см) и при этом обладают не только привлекательностью, но определенно применимы в фотографии. Весьма распространены, также, вертикальные форматы, которые опровергают практически все правила западной композиции. Предлагаю подумать дважды, прежде чем окончательно облениться и попасть в зависимость от 'правила третей'.

Попробуем вкрапе разобраться сами, добавляет ли панорамный формат что-либо к восприятию объекта фотографирования. В качестве примера возьмем заурядную туристическую фотографию, сделанную автором ранним утром в городке Ки Уэст штата Флорида. На ней изображен довольно безвкусный географический знак самой южной точки континентальной части США (90 миль до Кубы).



Несмотря на бедность композиции, фотография, однако, не выглядит несбалансированной. Массивный 'шиш' в правой части снимка худо-бедно уравновешивается облачностью в левой верхней его части.

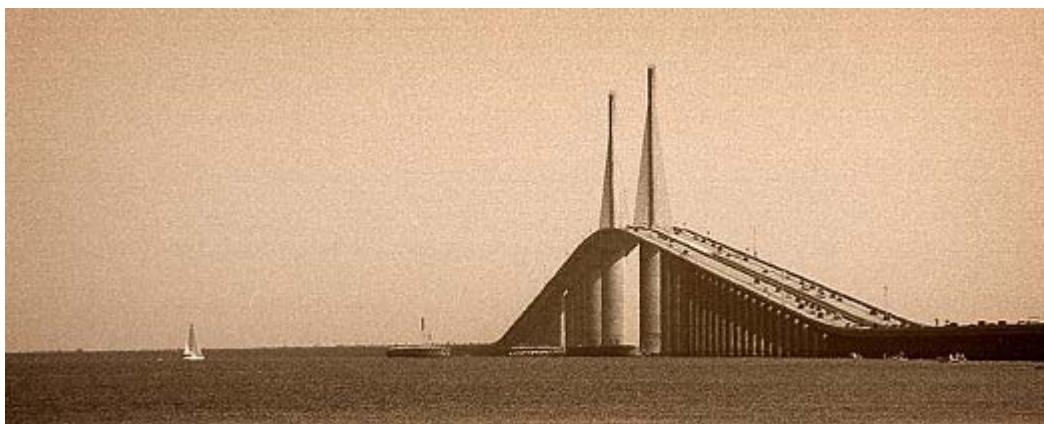
Теперь поставим эксперимент. Выделим часть изображения в прямоугольник с соотношением сторон, соответствующем традиционному 35 мм формату, т.е. 3:2, и прикроем оставшиеся части изображения серой маской. Сделаем это в двух вариантах: знак справа и знак слева с соблюдением, по возможности, 'правила третей'.



Не знаю, как вам, а мне 'тесновато' в рамках двух последних фотографий. Такое же мнение высказали практически все, кому автор показывал этот набор фотографий.

Теперь, несколько слов о правомерности форматирования кадров традиционных форматов для получения панорамных картинок. В соответствии с суждениями, изложенными выше, здесь не видно особых противоречий с определениями фотографии с обрезанными горизонтальными полями как панорамной. Проблема 'широкоугольности', если она возникает, решается с помощью соответствующего подбора объектива, вплоть до fish-eye'я с полем зрения в 180 градусов. Иное дело - качество. Трудно расчитывать на более или менее достойный отпечаток с кадра размером, скажем, 12x36 мм. Однако, если вы - обладатель среднеформатного аппарата, то вас это практически не коснется. Для некоторых среднеформатных моделей даже существуют т.н. панорамные адапторы, позволяющие использовать 35 мм пленку для съемки панорам.

В качестве иллюстрации к сказанному приведу фотографию моста Sunshine Skyway Bridge (что-то вроде 'Заливного солнцем пути в поднебесье') во Флориде, сделанную обычным 35 мм аппаратом Canon Elan IIe (с зумом, выставленным на 200 мм) в процессе первых экспериментов автора с панорамными форматами. Цифровое сканирование дало довольно малопривлекательное по композиции изображение, к тому же отвратительного качества. После соответствующего форматирования и 'старения' в Фотошопе получилось следующее:



Отпечатанная размером 16x40, вставленная в приличную рамку и помещенная на стену в квартире, картинка эта напоминала автору о той увлекательной флоридской поездке ровно до той поры, пока ее не увидел его хороший американский друг и, со словами 'This is sellable' (Это можно продавать), не перевесил ее на стенку в своем доме в штате Нью-Йорк.

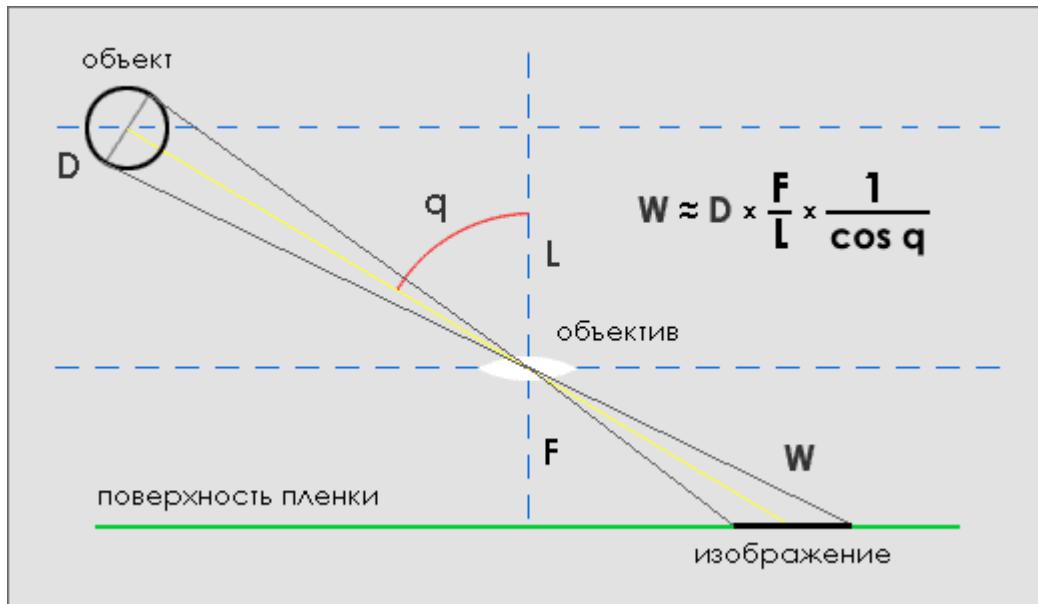
На этом, пожалуй, общие рассуждения можно закончить и перейти к более предметному рассмотрению этого весьма интересного феномена под названием 'панорамная фотография'.

Геометрия панорамной фотографии

Те, кто уже знаком с панорамной фототехникой, возможно слышали о геометрических искажениях на фотоснимке как неотъемлемой части панорамной фотографии. Попробуем получить некоторые количественные оценки для аппаратов различных схем.

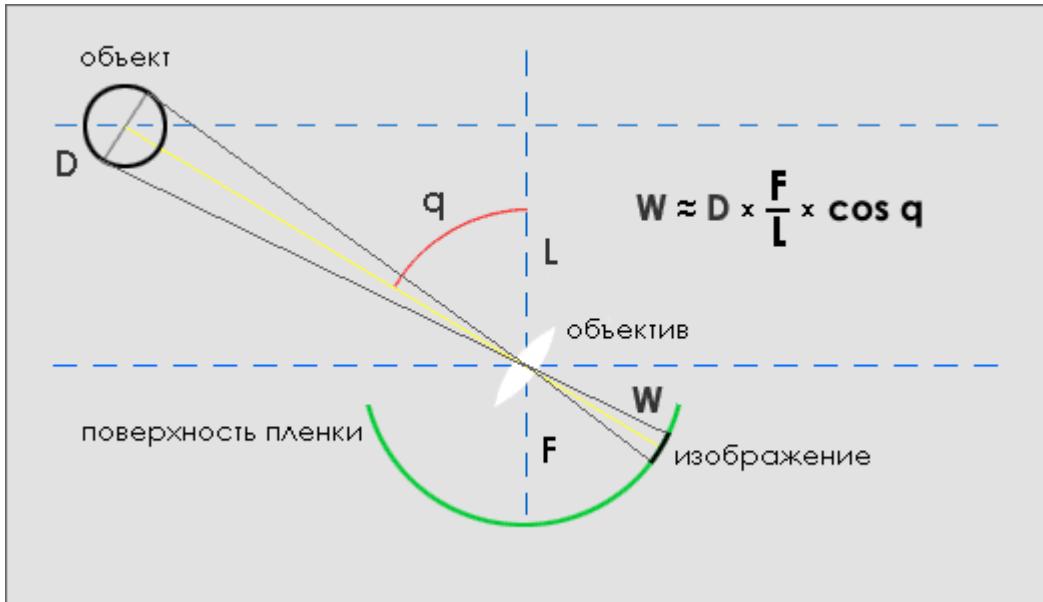
Начнем с аппаратов традиционной схемы, т.е. аппаратов с плоско расположенной пленкой и неподвижным объективом (которые в дальнейшем будем называть плоскоформатными). Ниже изображена довольно упрощенная картина того, как формируется изображения объекта, находящегося в стороне от центра кадра такого аппарата. Предположим, что

под углом q к оптической оси объектива находится осесимметричный объект (дерево, столб, человек) диаметром D . Расстояние от этого объекта до плоскости, проходящей через объектив и параллельной его оптической оси - L . Фокусное расстояние объектива - F . Допуская, что L намного превышает F и угловые размеры объекта несизмеримо меньше угла q , можно получить довольно простую формулу, приближенно описывающую зависимость линейного размера изображения объекта на пленке от параметров, перечисленных выше. Формула это приведена в правом верхнем секторе рисунка.



Говоря об особенностях геометрии изображений, получаемых с помощью аппаратов этого типа, нельзя не упомянуть о таком явлении как виньетирование, свойственном всем фотографическим объективам, но особенно явно проявляющемся в панорамной фотографии. Виньетирование, как известно, означает затемнение изображения от центра к краям кадра (речи идет о т.н. фотографическом виньетировании в отличие от механического, обусловленного наличием на объективе бленд, фильтров, колец и т.п.). Количество виньетирования описывается т.н. законом 'косинуса в 4-ой степени'. Здесь не место вдаваться в более подробное описание этого явления. Можно только сказать, что в плоскоформатных панорамных фотоаппаратах это может стать проблемой. Так, в аппарате Hasselblad XPan со штатным 45 мм объективом, снижение освещенности по краям достигает 1-ой экспозиционной единицы. С этим можно мириться при съемке многих панорамных сюжетов. Однако, на изображениях открытых пространств (морских ландшафтов, и т.п.) затемнение это весьма заметно. Хотя в ряде случаев, это может быть использовано для выделения центральной части кадра, как композиционного центра изображения. Частично компенсация виньетирования достигается 'задиаграфмированием' объектива. При работе с цифровым изображением можно воспользоваться полупрозрачной серой центральной маской и т.п. Заметим только, что все же самым радикальным способом является использование центрально-взвешенных нейтральных фильтров, выпускаемых для конкретных фотообъективов.

Совсем иная геометрия построения панорамного изображения применяется в фотоаппаратах сканирующего типа, в которых пленка прижимается к цилиндрической поверхности. Обратимся к следующему рисунку:



Заметим сразу, что это построение справедливо как для аппаратов с поворотным объективом, так и для аппаратов с вращающимся корпусом, рассмотренных в следующей статье. Выведенная при тех же допущениях, что и выше, формула на рисунке отличается от предыдущей перемещением $\cos q$ из знаменателя в числитель. Это справедливо для горизонтальных размеров. Однако, в данном случае нас больше интересуют вертикальные размеры изображения. Предположим, что объект представляет собой не цилиндр, столб и т.д.), а шар диаметром D . Для пренебрежимо малых значений угловой высоты, на которой находится объекта, вертикальный размер изображения этого шара на пленке будет равен все той же ширине W . Однако, если положение объекта характеризуется некоторой конечной угловой высотой (v), то формула для определения высоты H изображения этого объекта на пленке приобретает следующий вид:

$$H \approx D \times \frac{F}{L} \times \frac{\cos q}{\cos v}$$

Не будем утомлять себя построением кривых, описываемых данной формулой, и приведем лишь пример кругового изображения, полученного, правда, не путем сканирования, а сшиванием отдельных плоских изображений (что, однако, не меняет сути дела).



Отметим сразу, что горизонтальные линии объекта (линии пересечения стен и пола и т.п.) на этом изображении приобрели характерную аркообразную форму (работа $\cos q$). То есть, такой способ получения панорамных изображений также не свободен от

геометрических искажений. В ряде случаев искажения такого рода могут в принципе воспрепятствовать восприятию образа объекта. Однако, при увеличении фокусного расстояния объектива, т.е. при получении так называемых 'сверхдлинных' панорам, 'арки' могут стать практически незаметными для глаза зрителя. Вернуть изображение в его исходный неискаженный вид можно на экране компьютера с использованием специальных программ-вьюеров, как бы сворачивающих изображение в цилиндр. Об этом пойдет речь в соответствующей статье ниже.

В статье 'Что такое панорама' мы уже упомянули о т.н. fish-eye (читается 'фиш-ай' - дословно 'рыбий глаз') объективе с полем зрения 180 градусов (хотя на самом деле у объективов этого типа угол зрения может быть и больше). В отличие от нормальных или, как их еще называют 'прямоугольных' объективов изображение в fish-eye'ях формируется по следующему принципу: положение каждой точки изображения в кадре прямо пропорциональна углу, под которым соответствующая точка объекта находится от оптической оси объектива. Поэтому, если объект представляет собой прямую линию, проходящую через центр кадра, ее изображение останется прямой линией на кадре. Если эта линия находится в стороне от оптической оси объектива, ее изображение в кадре уже будет представлять собой выпуклую к периферии кадра кривую линию. Мы больше не будем приводить какие-либо формулы в подтверждение этого (желающие могут либо сделать это сами, либо прибегнуть к фотографическим справочникам). Приведем лишь типичное изображение, полученное с использованием объектива fish-eye. Координатная сетка белого цвета, наложенная на изображение, моделирует прямые линии, присущие объекту (в данном случае объектам) в реальном мире.



Угол зрения fish-eye конвертора FC-E8 для цифрового аппарата Nikon Coolpix 950, которым был сделан этот снимок, составляет 180 градусов. Его фокусное расстояние в пересчете на 35 мм формат пленки составило бы 8 мм. Такие fish-eye объективы называются полными или круговыми. Существуют также т.н. диагональные или, как их еще называют полноформатные fish-eye объективы. Они заполняют изображением весь кадр. Для них 180 градусов - это угол зрения по диагонали кадра. Их фокусное расстояние для 35 мм формата пленки - 16 мм. Типичным представителем такого рода объективов является МС Зенитар 2,8/16 производства Красногорского завода им. А.С.Зверева. Очевидно, что изображения, непосредственно полученные с использованием таких объективов, вряд ли можно охарактеризовать как панорамные (даже несмотря на их 'сверхширокоугольность'). Но путем соответствующих коррекций и преобразований превратить подобное изображение в панорамное можно. Как это практически сделать, вы узнаете из дальнейшего изложения. Однако роль fish-eye объективов в панорамной фотографии все же в другом. Без них практически нельзя было

бы решить задачу получения т.н. сферических панорам, в которых зритель может наблюдать пространственную картину размером 360x180 градусов. Кроме того, диагональные fish-eye'и существенно облегчают построение составных круговых панорам.

Изложение материала о геометрии в панорамной фотографии было бы неполным без упоминания о всякого рода 'экзотических' проекциях изображения окружающего пространства на фотопленку (или светочувствительную матрицу в цифровых аппаратах), получаемых с помощью параболических, сферических и т.п. отражателей, навешиваемых на объектив (чаще всего fish-eye). О характере подобного рода изображений можно судить по картинке ниже.



В дальнейшем это изображение путем соответствующих трансформаций можно привести к пригодному для демонстрации виду.

Панорамные фотоаппараты

В списке изготавителей панорамных фотоаппаратов вы не найдете такие звучные имена как Canon, Nikon или Minolta. Среди известных названий здесь присутствуют Hasselblad, Fuji, Linhof, Горизонт (Красногорский завод имени С.А.Зверева).

Сказанное по поводу Canon'ов, Nikon'ов и т.п., строго говоря, не совсем справедливо. Все они во множестве представлены аппаратами системы APS (Advanced Photo System), в которых присутствует панорамный режим, означающий простое маскирование и без того узкого кадра APS сверху и снизу. Качество панорамных изображений, полученных такими аппаратами, весьма невысоко, да и будущее их похоже решено в связи с массированным наступлением на рынок цифровой любительской фототехники.

В предыдущей статье мы выяснили, что панорамные аппараты по своему устройству можно разделить на 3 основные группы: плоскоформатные, сканирующие аппараты с поворотным объективом и сканирующие аппараты с врачающимся корпусом.

Начнем с плоскоформатных. Отечественная промышленность такие фотоаппараты не выпускает. Перечисление аппаратов этого типа уместно было бы начать с самой младшей модели этого ряда: Hasselblad'a XPan, уже упомянутого ранее. Но поскольку автор может рассказать об этой модели немного больше, чем о любой другой (исключение составляет лишь Горизонт) информация о ней (также как и о Горизонте) вынесена в отдельную

статью. К другим аппаратам этого типа прежде всего относятся модели так называемого 'профессионального' формата 6x17: японская Fuji GX617, немецкая Linhof Technorama 617 и Art Panorama 170 японской компании Tomiyama. Art Panorama 170, кроме того, имеет маску для получения снимков размером 6x12. Известна также модель 240 этого аппарата для кадров размером 6x17 и 6x24. Снимки формата 6x12 можно получать также с помощью аппарата Horsman SW612 Pro (Япония) и Linhof Technorama 612. Менее известен немецкий мультиформатный аппарат Glide 66-17 MST, который позволяет на 60 мм пленке получать снимки размерами от 6x6 до 6x17. Все эти аппараты расчитаны на среднеформатную пленку обеих типов: 120 и 220. На пленке типа 120 вмещается только 4 панорамных кадра размером 6x17, для типа 220 - это уже 7 кадров. К этому ряду можно также добавить американский Canham 4"x10", позволяющий получать на листовой пленке негативы и слайды размером 10x25 см.

Все перечисленные выше аппараты отличаются исключительным качеством изготовления, наличием сменных объективов (со сменными видоискателями) и поразительным качеством полученных с их помощью фотографий. Многие из них имеют сдвигаемые по вертикали объективы (шифт-объективы), что, как известно, позволяет устранять перспективные искажения при наклонах аппарата (незаменимое свойство аппарата для архитектурной съемке). Для всех моделей, как правило, выпускаются центрально-взвешенные фильтры для компенсации виньетирования. С негативов, полученных с помощью таких аппаратов, можно получать отпечатки размером со стену (те, кто посетил выставку французского фотографа-мариниста Филиппа Плиссона (Philippe Plisson), устроенную в московском Манеже в марте-апреле 2003 г., подтвердят мои слова).

На фотографии ниже изображен типичный представитель этого семейства аппаратов - Fuji GX617.



К недостаткам всех перечисленных моделей можно отнести, пожалуй, лишь одно: непомерную стоимость. Прицениться к ним можно на сайте магазина B&H:

<http://www.bhphotovideo.com/>

Кстати, среди людей, зарабатывающих себе на жизнь фотографированием красот, принято приобретать такую аппаратуру на вторичном рынке. Принимая во внимание, что такая техника служит десятилетиями, это представляется разумным.

Среди других возможностей получения фотографий панорамного формата упомянем всякого рода адапторы для среднеформатных камер, 60 мм задники для аппаратов большого формата и маски для этих же аппаратов.

Перейдем к сканирующим фотоаппаратам с поворотным объективом. Здесь мы с гордостью можем начать с аппаратов отечественного производства 'Горизонт'. Аппараты эти выпускаются для 2-х типов пленки: Горизонт 202 для 35 мм пленки и среднеформатный Горизонт 205. Сразу отметим, что на замену Горизонту 202 приходит его модификация Горизонт 203, впервые продемонстрированный на выставке Фотокино-2002.

Оставим подробное описание Горизонтов для отдельной статьи и рассмотрим некоторые зарубежные модели этого типа. Их немного. Это немецкие аппараты Noblex (модели 135 prosport, S и U для 35 мм пленки, и среднеформатные модели 150 и 175), 35 мм японский Widelux F8 и среднеформатный Widepan II pro китайского производства. Все они построены по одной схеме: пленка прижата к цилиндрической поверхности, вогнутая часть которой, обращена к объективу; экспонирование пленки осуществляется через поворачивающийся вокруг вертикальной оси объектив с расположенной за ним узкой щелью. Эта щель перемещающаяся по направляющей цилиндра с пленкой. Значение выдержки регулируется шириной щели и скоростью вращения объектива. Процесс сканирования по длительности может занимать несколько секунд. Поэтому, приобретая такой аппарат, подумайте сразу о жестком штативе. Все аппараты этого типа имеют примерно одинаковый угол сканирования: от 120 до 150 градусов. Оснащены они и встроенными пузырьковыми уровнями видимыми, как правило, через видоискатель. Это позволяет получать снимки с неискривленной линией горизонта. Практически все среднеформатные модели и Noblex'ы 135S и 135U оснащены шифт-объективами, что позволяет без искажений перемещать линию горизонта вверх или вниз по отношению к центру кадра. Все аппараты, за исключением Noblex'ов, имеют часовой механический привод. Noblex'ы же оснащены электрическим приводом, что существенным образом снижает возможность неравномерности экспонирования пленки по горизонтали (т.н. 'бандинга').

Получить впечатление о конструкции аппарата с поворотным объективом можно по фотографии Widepan'a, приведенной ниже.



Следующую группу составляют сканирующие аппараты с вращающимся корпусом или, как их еще называют аппараты сканирующе-щелевого типа. В отличии от аппаратов с поворотным объективом угол сканирования здесь может достигать 360 градусов (и более). Основу конструкции таких аппаратов составляет корпус, вращающийся вместе с объективом вокруг его нодальной точки (т.е. той, в которой сходятся лучи света, прошедшие через объектив), и механизма обеспечивающего синхронное с этим вращением перемещение пленки в обратном направлении. В цифровых моделях этого типа пленку заменяет неподвижная линейная светочувствительная матрица, сигнал с которой, пройдя соответствующую обработку, поступает в запоминающее устройство аппарата или в подключенный к нему компьютер. Как было показано в предыдущей статье, такая схема создает изображение на пленке, как бы развернутой по внешней

поверхности цилиндра. Такому изображению (с точки зрения его геометрии) присущи все те достоинства и недостатки, которые свойственны изображениям, полученным при использовании аппаратов с поворотными объективами.

Среди изготовителей таких аппаратов вы уже не найдете не только Канонов и Никонов, но и любое другое мало-мальски известное название. Это объясняется весьма ограниченным спросом на такую технику, в результате чего производство таких аппаратов носит практически штучный характер и не представляет какого-либо интереса для крупных изготовителей. Диапазон конструктивных решений здесь простирается от самодельных деревянных коробок с системой противовесов и приводом в виде раскрученного маховика (модель Lookaround) до высоко-технологичных цифровых аппаратов, как например, PanoCam немецкой компании SpheronVR.



Для того, чтобы проиллюстрировать возможности такой техники, приведем лишь технические параметры модели SpheroCam этой же компании: сенсор - 48 бит на пиксель; вращение аппарата осуществляется электромотором постоянного тока с точностью позиционирования в 2 миллиона положений на 360 градусов; разрешение по вертикали - до 5300 пикселей, по горизонтали - до 11000 пикселей (с 14 мм объективом); угол сканирования - от 1 до 1600 градусов (лимитируется лишь емкостью диска подключаемого компьютера); время экспонирования - от 1/10000 до 1/4 секунды; время панорамирования - от 30 секунд до получаса в зависимости от времени экспонирования; расчетан на использование с никоновской 35 мм оптикой. Как мы видим, по разрешающей способности аппарат этот на сегодняшний день значительно превосходит по свое разрешающей способности любые образцы цифровой техники обычного формата.

Hasselblad XPan



Дальномерный двухформатный фотоаппарат Hasselblad XPan - результат совместной разработки компаний Victor Hasselblad и Fujifilm - впервые появился на рынке фототехники в 1998 г. Простым перемещением рычажка, расположенного в верхней части задней панели, аппарат переводится из панорамного режима с шириной кадра в 65 мм в обычный - с кадром шириной 36 мм. Таким образом на одной пленке можно делать фотографии обоих форматов. В классе 35 мм аппаратов это пока единственная модель такого рода. От Hasselblad'ов аппарат XPan перенял строгость дизайна и прочность конструкции, от Fuji - великолепную оптику и опыт в создании панорамных фотоаппаратов.

Корпус аппарата построен из алюминиевых и титановых элементов. К его правой части прикреплены профильные накладки из резиноподобного материала, вследствие чего аппарат весьма удобно лежит в руке. Штатно XPan оснащен 45 мм объективом с максимальным относительным отверстием 1/4. Кроме него к аппарату выпускаются еще 2 объектива: 90 мм f/4 и асферический объектив 30 мм f/5,6. Минимальное значение диафрагмы для всех 3-х объективов - 1/22. Аппарат оснащен системой средне-взвешенного замера экспозиции с приоритетом диафрагмы. Диапазон выдержек - от 8 секунд до 1/1000 и 'B'. В режиме 'B' продолжительность выдержки не может превышать 32 секунд. Имеется возможность экспокоррекции в пределах плюс-минус 2 экспозиционные единицы с шагом 0,5. Синхронизация вспышки возможна до значения выдержки 1/125 секунды. С помощью кнопки, находящейся на задней панели аппарата, можно установить значение эксповилки в пределах плюс-минус 1 с шагом 0,5. Многократная экспозиция в этой модели не предусмотрена.

В видоискателе аппарата видна подсвеченная прямоугольная рамка, размеры которой соответствуют размеру выбранного вами кадра. Поправка на параллакс осуществляется автоматически. Наводка на резкость - ручная, по клину. В поле видоискателя также можно видеть индикацию результатов замера экспозиции, но только качественный ее показатель - хватает для съемки света или нет. Точное значение выдержки высвечивается на жидкокристаллическом дисплее, расположенном на задней крышке (что все пользователи аппарата отмечают как самое большое эксплуатационное неудобство этой модели). На этом же дисплее высвечивается значение чувствительности пленки, состояние батареи питания (2 x CR2), а также значения эксповилки. Здесь же находится кнопка подсветки дисплея и утопленная кнопка сматывания пленки на кассету. Значение чувствительности пленки в единицах ISO устанавливается как автоматически (DX), так и вручную с помощью поворотного переключателя на передней панели аппарата.

Аппарат имеет 2 режима съемки: режим получения одиночных кадров и непрерывный. Кроме того, можно снимать с автоспуском с задержкой в 10 секунд. Зарядка пленки автоматическая с перематыванием ее на приемную бобину аппарата и возвращением на кассету по мере экспонирования (как в младших моделях Canon'a). При этом на индикаторе сверху высвечивается количество оставшихся чистых кадров. При смене режима съемки с панорамного на обычный и наоборот происходит соответственное изменение этого показания.

Аппарат не легок. Его масса в полностью оснащенном состоянии приближается к 1 килограмму. Затвор срабатывает на практически бесшумно (особенно это должно быть заметно тем, кто в основном имеет опыт фотографирования зеркальными аппаратами). Сочетание такой массы, эргonomики аппарата, свойств его затвора и некоторых навыков позволяют снимать с руки в очень широком диапазоне выдержек без каких-либо следов 'шевеленки' в кадре. Это особенно важно, если учесть, что как штатный, так и сменные объективы аппарата большой светосилой не отличаются. При установке на объектив центрального средневзвешенного фильтра (для устранения виньетирования - см. статью выше) теряется еще 1 экспозиционная единица. Гнездо для крепления аппарата к штативу расположено расположено не по центру, а близко к левому краю нижней панели, что несколько непривычно для современного фотографа. В силу 'панорамности' аппарата и относительной 'короткофокусности' его штатного объектива на снимках весьма заметны последствия фотографирования при неточном горизонтировании (накрененный горизонт, сходящиеся вертикальные линии). Видимо поэтому в комплект поставки аппарата входит жидкостный уровень.

Горизонтальный угол зрения штатного 45 мм объектива в панорамной режиме не велик - чуть больше 70 градусов (что примерно соответствует углу зрения 24 мм объектива при съемке на кадр обычного размера). Геометрические искажения по краям кадра практически незаметны. Это делает XPan очень удобным инструментом для фотографирования городских пейзажей. Объектив аппарата отличается необычайной резкостью и контрастностью, чему способствует использование поставляемой вместе с ним небольшого размера прямоугольной бленды. Пик резкости объектива лежит в диапазоне значений диафрагмы 1/11-1/16. При 1/22 заметно смягчение изображение, что является следствием дифракции света. Объектив практически не подвержен бликам (даже при съемке против солнца, подтверждением чему могут служить фотографии 'Бойnton Бич (4)' и 'Майами' здесь:

<http://img488.imageshack.us/img488/8014/14qj1.jpg>

<http://img488.imageshack.us/img488/5881/22mp.jpg>

В целом фотоаппарат Hasselblad XPan соответствует требованиям, отвечающим как профессиональной, так и 'продвинуто-любительской' фотографии. И если вы подумываете о приобретении дальномерного аппарата (как многие другие фотографы за последнее время) XPan может стать для вас неплохим выбором.

В апреле 2003 г. объявлено о выпуске модификации аппарата под названием Hasselblad XPan II. Внешне, если судить по изображению на сайте компании-изготовителя, новая модель мало чем отличается от предыдущей. Однако список усовершенствований, внесенных в XPan II впечатляет:

- отображение значения выдержки перенесено из дисплея в видоискатель аппарата;
- появилась возможность многократного экспонирования одного и того же кадра (до 9 раз);
- в автоспуск добавлена 2-х секундная задержка;
- максимальная продолжительность выдержки в режиме 'B' увеличена до 540 секунд;
- сняты ограничения на съемку на инфракрасную пленку (ранее это было затруднено в силу использования ИК в функции транспортировки пленки);
- синхронизация вспышки теперь возможна как по передней, так и по задней шторке;
- при сматывании пленки на кассету ее конец теперь оставляется снаружи(!);
- бленда оснащается запорным механизмом;

- на видоискатель устанавливается диоптрическая линза;
- взамен механического тросика применяется дистанционный электрический спуск.

Горизонт 202



Панорамный 35 мм фотоаппарат Горизонт 202 можно со всем основанием отнести к достижениям отечественной оптико-механической промышленности. Впервые выпущенный в 1991 г. аппарат довольно быстро завоевал популярность в фотографическом сообществе. В Интернете о Горизонте 202 вы можете найти буквально все: от подробнейших технических описаний, изложения и анализа его характеристик, рекомендаций по его эксплуатации и приемам фотосъемки до целых галерей великолепно выполненных фотографий, полученных с использованием этого аппарата. Причина этого заключается не только в его невысокой цене по сравнению с ближайшими зарубежными аналогами, но и в том, что по своим данным и возможностям он этим аналогам практически ни в чем не уступает. К сожалению, однако, такой интерес к Горизонту проявляются в основном за рубежом. В фотогалереях российского Интернета количество панорамных фотографий, сделанных этим аппаратом, исчисляется единицами.

Фотоаппарат Горизонт 202 оснащен объективом MC 28 мм f/2,8 с фиксированной фокусировкой (MC в обозначении означает Multi Coated, т.е. с многослойным покрытием). Минимальное значение диафрагмы - 16. При этом значении диафрагмы глубина резкости простирается от 1 м до бесконечности. Имея в качестве своих предшественников оптику от миниатюрной фототехники, не предназначеннной для широкого пользования, объектив Горизонта обладает уникальной для его размеров разрешающей способностью (автор неоднокартно убеждался в этом по сделанным им городским фотографиям с четко читаемым текстом разного рода и размера надписей, попадающих в кадр). Объектив установлен на поворотной турели, обеспечивающей угол панорамирования 120 градусов. Размер кадра при этом составляет 24 x 58 мм. На стандартной 1,65 м пленке помещается до 22 кадров. Диапазон выдержек разбит на 2 поддиапазона: 1/2, 1/4, 1/8 и 1/60, 1/125, 1/250. При использовании выдержек из первого поддиапазона полное перемещение турели занимает около 4 секунд, для второго поддиапазона - меньше 1 секунды (что, в принципе, позволяет осуществлять съемку с рук). Аппарат оснащен видоискателем, позволяющим довольно точно определять границы кадра. В видоискатель виден пузырек уровня, крайне необходимого при панорамной съемке. По габаритам и массе Горизонт 202 сопоставим с зеркальным фотоаппаратом среднего класса.

Главным достоинством Горизонта 202 является полное отсутствие в нем каких-либо электронных или электрических элементов. Привод поворотной турели с объективом осуществляется прецезионным пружинным механизмом. При нажатии на кнопку спуска

турель мгновенно начинает свое движение (в отличие от электрофицированных Noblex'ов, в которых сначала следует фаза разгона, занимающая половину круга). При этом, однако, возникает ощутимый реактивный крутящий момент и аппарат делает попытку повернуться в обратную направлению движения турели сторону. В особенности это проявляется при использовании входящая в комплект аппарата ручка, которая крепится к корпусу и предназначена для съемки с руки. Традиционные способы положения рук при фотосъемке для Горизонта не годятся в силу значительного угла панорамирования: руки могут легко попасть в кадр. Задача эта более или менее решается если удерживать аппарат двумя руками, располагая указательные и большие пальцы рук соответственно на верхней и нижней поверхностях аппарата. Разумеется радикальным способом избежать каких-либо вращений аппарата является съемка со штатива.

К недостаткам аппарата можно в первую очередь, по мнению автора, отнести довольно непростую процедуру зарядки пленки (хотя понятно, что упростить ее в чисто механической конструкции наверное не легко). После довольно ощутимого срока эксплуатации аппарата может нарушиться светонепроницаемость в районе прорези, в которой перемещаются рычаги установок выдержки и диафрагмы, что выражается в появлении на изображении вертикальных полос засветки. Это происходит, как правило в условиях яркого солнечного освещения. Однако, если в перерывах между сеансами фотографирования держать аппарат в чехле или по крайней мере просто перекрывать пальцем руки прорезь с рычагами при переходе от одной точки съемки к другой, никакой засветки вы не обнаружите.

Выше уже упоминалось о необходимости нивелирования аппарата при съемке, поскольку даже при незначительных наклонах аппарата в продольном направлении искажается прямая линия горизонта: появляется выпуклость при наклонах камеры вниз и вогнутость при наклонах вверх (что часто возникает из-за стремления вместить в кадр высокие объекты). Если изначальным замыслом является съемка без искажений, то необходимо самым тщательным образом выровнять аппарат по встроенному пузырьковому уровню. Однако намеренный наклон аппарата в том или ином направлении может создать в кадре достаточно интересные эффекты. Примерами этого могут послужить сделанные автором фотографии 'Язу' и 'МИД' их Московского альбома Галереи панорамной фотографии здесь:

<http://img468.imageshack.us/img468/1232/10rr.jpg>

<http://img468.imageshack.us/img468/2518/29ot.jpg>

К рекомендациям по дальнейшему совершенствованию 35 мм Горизонтов можно было бы отнести включение функции перемещения объектива в вертикальном направлении (шифт-объектив). Это позволило бы фотографу смещать линию горизонта на изображении вниз, что существенно расширило бы изобразительные возможности аппаратов этого ряда. Соответствующий опыт у разработчиков уже есть, поскольку это уже реализовано в среднеформатной модели Горизонт 205. (Из зарубежных аппаратов эта функция имеется у Noblex'ов S и U).

Следует отметить один из интересных и нестандартных способов применения аппаратов Горизонт - построение с их помощью составных панорам. В силу геометрии изображений, описанных выше, для 'сшивания' смежных изображений не требуется никаких специальных программ. Достаточно ручного совмещения совпадающих участков снимков, помещенных в различных слоях того же Photoshop'a с последующим их смещиванием.

Если смежные снимки сделаны при одинаковых установках выдержки и диафрагмы, то, в принципе, не должно потребоваться никакой дополнительной обработки изображений. Примером такой панорамы, составленной автором из 2-х выполненных Горизонтом 202 снимков, является 'Вид с маяка Сэйнт Агустин' здесь:

<http://img468.imageshack.us/img468/1839/31bx.jpg>

И, наконец, последнее. К моменту написания этой статьи (июнь 2003 г.) уже объявлено о выпуске аппарата под названием Горизонт 203 (другое его название Horizon S3 pro).

Судя по информации на сайте Красногорского завода существенной модификации (по сравнению с горизонтом 202) подвергся корпус аппарата, на него установлен объектив 'с улучшенными оптическими характеристиками' и введена выдержка 1/500. Казалось бы немного. Но даже это вселяет уверенность, что красногорские конструкторы свою работу продолжают и что российские фотолюбители (и не только) не потеряют возможность приобретения все более совершенной фототехники отечественного производства.

Составные панорамы

Предположим, что вы еще не обзавелись Linhof'ом, Noblex'ом или хотя бы Горизонтом, но есть желание попробовать свои силы в панорамной фотографии. Обычный 35-мм пленочный или цифровой фотоаппарат, фотоштатив и компьютер - вот тот минимальный набор технических средств, который позволяет приступить к получению панорамных фотографических изображений. Метод прост и известен: на штатив устанавливается фотоаппарат, производится последовательное фотографирование по кругу (частичному или полному для получения 360 градусной круговой панорамы) и сшивание (склейка) полученных снимков на компьютере. Полученные исходные снимки должны перекрывать друг друга. Считается, что степень такого перекрытия должна составлять не менее 30%. При этом также необходимо иметь программу сшивания (panorama stitching program) и, желательно, графический редактор для постобработки полученных панорам. Однако прямое следование таким шагам построения панорамных изображений скорее всего вас разочарует. Вы, скорее всего, обнаружите на построенной таким образом панораме непонятные локальные нерезкости и размытости, разорванные контурные линии предметов, явные несоответствия тональности одних частей сшитой панорамы другим и т.п. Примеров таких фотографий в Интернете хоть отбавляй. В то же время для того, чтобы составленная из отдельных прямоугольных изображений панорама (составная панорама), выглядела пригодной не только для Интернета, но и для печати, необходимо соблюдение некоторых довольно простых правил и, возможно, некоторая дополнительная цифровая обработка исходных снимков.

Материалы, изложенные здесь, представляют собой попытку систематизации способов и рекомендаций по повышению качества составных панорамных изображений на основе имеющейся у автора информации, собранной им из различных источников, и его собственного опыта нескольких последних лет.

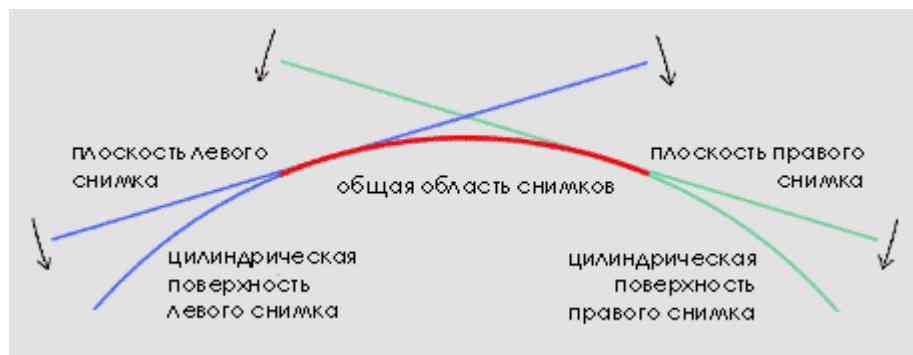
До изобретения панорамного фотоаппарата единственным способом получения панорамных изображений было получение отдельных фотографий, сделанных с угловыми интервалами, меньшими горизонтального угла зрения аппарата, с последующей стыковкой фотографий и удалением избыточных фрагментов. Этот способ не потерял актуальности даже после появления панорамных аппаратов. Его основным

недостатком однако, является практическая невозможность 100-процентной плавности - как тональной, так и геометрической - перехода от снимка к снимку. Решить эту проблему стало возможным лишь с появлением компьютера и методов обработки цифровых изображений.

Рассмотрим 2 фотографии, сделанные под углом в 30 градусов друг к другу вертикально расположенным аппаратом с 24 мм объективом.



Из приведенных картинок видно, что у этих 2-х снимков нет ни малейших шансов быть 'сшитыми' напрямую. Причина этого заключается в том, что фасад одного и того же здания запечатлен на снимках под разными углами зрения, а, следовательно, перспективные рисунки здания отличаются друг от друга. Интуитивно ясно, однако, что если бы удалось трансформировать снимки таким образом, чтобы они представляли собой как бы фрагменты панорамного снимка, снятого либо с использованием врачающегося фотоаппарата, либо аппаратом с поворотным объективом, то геометрия изображений совпала бы и состыковать снимки можно было бы простым наложением снимков друг на друга (что и изображено на схеме ниже).



Сразу отметим, что программные способы трансформации изображений существуют и доступны всем. Программу, а точнее фильтры для Photoshop'a под названием Panorama Tools (распространяемую, кстати сказать, бесплатно), мы во всех подробностях рассмотрим в соответствующей статье. А пока лишь скажем, что в данном конкретном случае речь идет о преобразовании снимков из нормальной, т.е. прямоугольной проекции, в цилиндрическую проекцию или, как ее еще называют, в QTVR-проекцию.

Аббревиатура эта означает QuickTime Virtual Reality - QuickTime Виртуальная Реальность. Термин этот был введен компанией Apple, создавшей в 1996 г. универсальный плейер как для компьютеров Macintosh, так и для PC, позволяющий демонстрировать круговые виртуальные панорамы. Начиная с QuickTime5, стало возможным воспроизводить не

только круговые, но и сферические панорамы. В настоящее время Apple предлагает 6-ю версию этого плейера.

Итак, воспользуемся соответствующей командой из Panorama Tools и, вспомнив, что угол зрения по горизонтали (при вертикально расположеннем Coolpix'e) составляет 49 градусов (фокусное расстояние объектива с широкоугольным адаптором равно 26 мм в пересчете на 35-мм формат), произведем трансформацию обоих снимков.



Такое впечатление, что края обоих снимков как бы приблизились, т.е. что снимки как будто свернулись внутрь. Уже видно на глаз, что теперь особых препятствий для стыковки снимков нет. Скопируем их в 2 разных слоя в Photoshop'e и совместим их по нескольким характерным общим точкам изображений. Пройдемся по стыку снимков 'резинкой' и наша первая составная панорама готова. Заметим, что таким образом можно было бы состыковать все 12 снимков и получить круговую - в 360 градусов - панораму. Заметим также, что полученным таким образом панорамам будут свойственны те же рассмотренные нами выше 'аркообразные' искажения, присущие панорамам, снятым вращающимися аппаратами или аппаратами с поворотными объективами.



Таким образом нам теперь ясно, почему практически все программы, предназначенные для сшивания панорам, в самом начале работы запрашивают значение фокусного расстояния объектива (или его угол зрения). Это необходимо для выбора значения радиуса окружности, по которой надо 'свернуть' снимок. Часть же таких программ просто просит указать марку фотоаппарата и тип объектива, которые вы использовали для получения исходных снимков. Возникает вопрос, можно ли вообще обойтись без

программы сшивания панорам, если мы вот так, за несколько минут получили панораму в Photoshop'е с помощью бесплатного к нему фильтра? Принципиально на этот вопрос можно ответить 'да'. Однако не все так просто. В примере мы использовали одинаково экспонированные снимки, съемка велась со штатива с использованием панорамной головки, выставленной в горизонтальной плоскости с помощью уровня, и т.д. и т.п. То есть условия получения исходных снимков можно считать практически идеальными. Отклонение, как это часто бывает, от таких условий значительно усложнило бы нашу задачу.

В следующей статье мы перейдем к рассмотрению факторов, делающих построение составных панорам проблематичным и влияющих на их качество.

Факторы качества

Факторы, влияющие на качество составных панорамных изображений условно можно выделить в следующие 4 основные группы:

1. Погрешности объективов.
2. Неточности позиционирования фотоаппарата.
3. Погрешности фокусировки и экспонирования.
4. Внешние факторы.

Из великого множества погрешностей объективов мы отметим лишь те из них, которые реально могут затруднить 'сшиваемость' и ухудшить качество результирующей панорамной картинки. Их две:

- а) подушкообразные искажения (растягивающие кадр по диагонали) или бочкообразные искажения (скимающие кадр по диагонали); и
- б) виньетирование.

Посмотрим как выглядят подушко- и бочкообразные искажения объективов на уже знакомых нам по предыдущей статье фотоснимках (для большей наглядности на снимки наложена прямоугольная сетка):



Искажения такого типа в той или иной степени свойственны всем объективам. В особенности им подвержены недорогие объективы с переменным фокусным расстоянием (т.н. 'бюджетные зумы'). Причем они как правило страдают 'бочкообразностью' при широкоугольных позициях и 'подушкообразностью' - при больших значениях фокусного

расстояния. В процессе сшивания фотоснимков с такого рода искажениями возникает 'нестыковка' контуров объектов на снимках. При ручном сшивании практически всегда необходима предварительная геометрическая коррекция фотоснимков средствами графического редактора (например с помощью фильтра Sherize в Photoshop'e; более эффективными представляются средства коррекции изображений, входящие в состав пакета Panorama Tools). Если изготовление панорамы осуществляется с помощью программы сшивания, то некоторые из таких программ довольно успешно справляются с незначительными искажениями. Если, однако, степень таких искажений достаточно велика, то на сшитом панорамной изображении могут появиться разрывы в контурах объектов, двойные контуры (т.н. фантомы), либо фрагментарная нерезкость (в случае наличия на снимках объектов с мелкой структурой - веток деревьев, листьев и т.п.).

Иллюстрацией к сказанному может послужить фрагмент панорамы, сшитой из 2-х известных нам снимков с внесенными в них подушкообразными искажениями (сшивание производилось с помощью программы Ulead COOL 360). На этом фрагменте отчетливо видны двойные контуры балконного окна.



В качестве средства, позволяющего устраниТЬ образование такого рода дефектов, также можно рекомендовать предварительную коррекцию исходных фотоснимков.

Влияние виньетирования на качество сшиваемых панорам, как правило, не носит драматического характера. Исключение составляют лишь те случаи, когда на панораме существенную ее часть занимает безоблачное небо или небо с однородной облачностью. При этом на стыках сшиваемых изображений могут явно просматриваться вертикальные размытые полосы, отличающиеся от соседних участков изображения неприятным грязно-серым оттенком. Вид этих полос в значительной степени определяется алгоритмом смещивания изображений, реализованным в программе сшивания. Ситуация с виньетированием может усугубиться, если фотограф для подчеркивания 'глубины' цвета неба воспользуется поляризационным фильтром (или любым другим светозадерживающим фильтром). В то же время влияние виньетирования в значительной степени можно скомпенсировать путем, опять же, предварительной коррекции исходных изображений. Об использовании полупрозрачной серой маски мы уже упоминали в статье 'Геометрия панорамной фотографии'. К этому следует добавить возможность использования инструментов коррекции все того же пакета Panorama Tools (наберитесь терпения до соответствующей статьи).

Все сказанное выше относится к обычным объективам, дающими изображение прямоугольной проекции. В то же время о fish-eye объективах, занимающих важное место в построении составных панорам не было сказано ничего. Причина этого в том, что геометрия изображений, полученных с использованием таких объективов, и их искажений весьма специфична (см. снимок в статье 'Геометрия панорамной фотографии') и, поэтому подробному рассмотрению объективов этого типа мы решили посвятить отдельную статью.

Обратимся теперь к так называемым неточностям позиционирования фотоаппарата. Здесь мы сразу сделаем законное предположение о том, что при съемке используется штатив с головкой, позволяющей закрепить аппарат таким образом, чтобы ось его вращения пересекалась под прямым углом с оптической осью объектива. Это исключает неточности позиционирования в поперечном направлении. Что касается положения

аппарата в продольном направлении, то здесь ситуация сложнее. Необходимо закрепить аппарат таким образом, чтобы ось его вращения на штативе проходила через так называемую нодальную точку, то есть точку, расположенную, как правило, между плоскостью пленки (или сенсора) и объективом, в которой пересекаются оптические лучи. (На самом деле таких точек 2 - передняя и задняя. Нас интересует лишь задняя точка. Но мы не будем здесь углубляться в теорию, а подойдем с решению этого вопроса эмпирически.) Несовпадение нодальной точки и оси вращения фотоаппарата чревато появлением так называемой параллактической ошибки или параллакса. На рисунке ниже изображены 2 снимка, сделанные с небольшим углом поворота друг относительно друга и содержащие явные параллактические погрешности: фонарь на переднем плане смешен относительно деревьев на заднем плане (заметим, однако, что параллакс для объектов среднего и заднего плана уже практически не заметен).



В Интернете можно найти таблицы с расстояниями нодальных точек от фокальных плоскостей для различных (в основном цифровых) фотоаппаратов. Однако определить такое расстояние, а точнее такое положение аппарата в панорамной головке, можно и самому. Для зеркальных аппаратов это осуществляется достаточно просто путем наблюдения через видоискатель с одновременным поворотом аппарата и пробным его смещением в продольном направлении в пределах, допускаемых конструкцией головки. Для цифровых аппаратов делается серия пробных снимков с последующим тщательным изучением их на экране компьютера (этот способ также применим и для пленочных аппаратов, но с большей трудоемкостью и некоторыми затратами на пленку, ее проявку и сканирование). Важным замечанием по поводу параллактических ошибок является то, что их невозможно устраниТЬ или даже скомпенсировать какими-либо манипуляциями с готовыми изображениями. Их полное устранение возможно при использовании специализированных панорамных головок (рамок), выпускаемых для конкретных фотоаппаратов и объективов (см. следующую статью). На сшитой панораме такого рода параллактические погрешности проявляются в виде все тех же разрывов в контурах объектов или, как это видно на фотографии ниже, двойных изображений.



Однако, в целом ряде случаев (даже в таком, как показано на картинке выше) погрешности такого рода можно 'замаскировать' путем 'вырезания' подходящих фрагментов из исходных снимков и 'подклейивания' их к соответствующим участкам панорамы.



При фотографировании ландшафта, на котором объекты переднего плана (деревья и т.п.) отсутствуют, о параллактических погрешностях можно вообще не беспокоиться. Проблемой это становится при съемках в узких городских улицах, помещениях и т.п.

К неточностям углового позиционирования относятся наклоны аппарата в вертикальной плоскости, проходящей через оптическую ось объектива (тангаж, если воспользоваться авиационной терминологией), и повороты аппарата вокруг этой оси (крен). Мы думаем, что особой необходимости в иллюстрировании здесь таких погрешностей нет. Каждый, кто когда-либо фотографировал в городе и пытался при этом 'втиснуть' высокое здание в кадр путем подъема объектива аппарата вверх, знает как могут выглядеть такие снимки - сходящиеся к небу вертикальные линии зданий. Причем, чем короче фокусное расстояние объектива, тем в большей степени проявляется этот эффект. Таким образом погрешности в угловом позиционировании аппарата могут привести к потере параллельности вертикальных линий объектов изображения. В зависимости от направления наклона (вверх или вниз) эти линии могут сходитьсь вверху или внизу. Результат - все те же разрывы, фантомы и т.п. на сшитых панорамах. Несколько иной результат может получиться при 'кренах' аппарата. Программа сшивания может справиться с такой погрешностью на исходных снимках. Однако платой за это будут наклоны объектов изображения, совпадающие с направлением наклона аппарата, и как правило, более узкое поле панорамы по вертикали. Устраняются такие погрешности тщательным выравниванием фотоаппарата (предпочтительно с использованием жидкостных уровней, устанавливаемых как на штатив, так и непосредственно на аппарат). Опыт, однако, показывает, что даже если вы оснащены всеми этими средствами, выравнивание аппарата осуществляется не всегда просто и полностью. В особенности это касается случаев, когда штатив устанавливается на наклонной плоскости при ландшафтной съемке. Поэтому и здесь вам может понадобиться предварительная обработка исходных снимков на компьютере с использованием соответствующих функций вашего графического редактора (в Photoshop'е это команды Rotate, Skew, Perspective инструмента Transform).

При выполнении круговой фотосъемки с получением изображений для последующего построения составной панорамы весьма часто сталкиваешься с ситуацией, когда диапазон экспозиций при различных положениях камеры может достигать 4-6 экспозиционных единиц. Особенно это проявляется в яркую солнечную погоду при невысоком расположении солнца и наличии в поле съемки как освещенных предметов, так и предметов, расположенных в глубокой тени, а также при съемке в помещениях с окнами, через которые проникает дневной свет. В таких случаях важно удержать себя от использования автоматического замера экспозиции для каждого кадра. В противном случае на сшитой впоследствии панораме могут появиться смежные секторы изображения, существенно отличающиеся друг от друга по световой тональности. Общей рекомендацией здесь является съемка в ручном режиме с неизменными значениями

диафрагмы и выдержки, полученными в результате осреднения значений экспозиционных чисел для всех кадров. Сказанное, однако, не следует воспринимать как догму. При съемке с использованием объективов с фокусным расстоянием 28-35 мм, что потребует от вас получение 14-16 кадров в портретном режиме, допустима постепенная экспокоррекция от самых темных до самых светлых участков поля съемки, но не превышающая 1 экспозиционного числа при переходе от одного кадра к другому. Об остальном, в принципе, должна позаботиться используемая вами программа сшивания панорамы. Практически все такие программы имеют средства выравнивания различий тональностей смежных изображений (работающих, однако, не всегда достаточно эффективно). Если же вы составляете панораму из менее чем 8-ми снимков (объектив с фокусным расстоянием 20 мм и менее), использование экспокоррекции может стать проблематичным.

Все сказанное выше в равной степени относится и к регулировке баланса белого в цифровых фотоаппаратах: здесь также не рекомендуется использование каких-либо автоматических режимов.

Владельцев пленочных фотоаппаратов подстерегает еще один источник тональных и цветовых искажений, аналогичных погрешностям экспонирования. Это сканер и его программное обеспечение. Всем, кто занимается 'гибридной' фотографией (пленка > сканер > компьютер > принтер), известны проблемы получения качественных цифровых изображений в процессе сканирования. Тональные и цветовые несоответствия в цифровых изображениях, появившиеся в результате использования автоматических режимов сканирования, могут с легкостью свести на нет все ваши усилия по поддержанию постоянства экспозиционного числа во время фотосъемки. Поэтому единственный путь исключить такие несоответствия - это использование ручных настроек и поддержание их постоянства при сканировании серии исходных снимков, соответствующих одному панорамному изображению.

В последнее время в зарубежном Интернете все чаще появляются материалы о так называемом HDR (High Dynamic Range) - съемке в широком динамическом диапазоне. Реализация такого подхода заключается в многократной съемке объекта (не путать с многократным экспонированием) с различными экспозиционными числами и последующей определенным образом построенной обработке, позволяющей получать выравнивание тональностей значительно отличающихся по яркости предметов. При этом существенных потерь информативных составляющих яркости и контрастности не происходит. Такой подход уже выглядит весьма многообещающим с точки зрения повышения качества составных панорамных изображений. Некоторые работы в этом направлении уже достигли стадии коммерческих программных продуктов. Когда-нибудь мы вернемся к более подробному рассмотрению этого вопроса.

Думается, что нет особой необходимости подробно рассказывать том, как может выглядеть нерезкая панорама или панорама с отдельными нерезкими секторами. Поэтому и здесь необходимо отключать какие-либо автофокусировочные режимы, наводить на резкость вручную и вообще стараться снимать с максимально возможной глубиной резкости.

К внешним условиям, которые могут повлиять на качество составной панорамы, можно в первую очередь отнести изменение освещенности в процессе съемки, вызываемое, как правило, 'наплывом' облачности на солнце (или наоборот). Поэтому перед тем как приступить с фотографированию рекомендуется поднять голову и попробовать оценить, хватит ли у вас времени закончить съемку до того момента, когда на солнце набежит следующая туча. К условиям, которые могут просто свести ваши усилия по получению панорамного изображения на нет, относится наличие в поле съемки перемещающихся предметов (автомобилей, людей, волн). Предсказать результат съемки в таких условиях практически невозможно. Многое здесь зависит от программы сшивания. Некоторые из них попросту удаляют из финального изображения предметы, которые не повторяются на смежных снимках. Но чаще всего на итоговой панораме можно найти фантомы

движущихся предметов, а чаще - их фрагментов. Помочь в таких случаях может лишь тщательная ретушь. Особенно забавно выглядят панорамы с одной и той же человеческой фигурой, шествующей в нескольких местах одного и того же изображения. Некоторые панорамные фотографы при съемке людных мест (вечеринок, шествий, и т.п.) практикуют многократную съемку при одном и том же положении аппарата с последующим просмотром и отбором наиболее приемлемых кадров - кандидатов на сшивание.

Как видно из всего написанного выше, требования, предъявляемые к получению исходных фотографических изображений для последующего построения панорам, значительно выше тех, которые обычно учитываются при обычной фотографии. Поэтому в следующей статье мы рассмотрим элементы фототехники, применяемые для получения составных панорам, и рекомендации по ее выбору.

Оборудование для съемки

В этом разделе нам предстоит рассмотреть, какие основные требования и критерии лежат в основе выбора оборудования для получения составных панорам или, точнее, исходных изображений для их получения. Оборудование это можно разделить на 3 основные группы:

1. фотоаппараты;
2. фотообъективы;
3. фотоштативы.

Начнем с фотоаппаратов и сразу попытаемся ответить на популярный сегодня вопрос: 'пленочный' или 'цифровой'? Если отвечать кратко, то любой. Фотоаппараты обоих типов в принципе абсолютно пригодны для получения исходных фотоснимков с целью последующего их сшивания. Для обоих типов существует одно весьма важное общее требование: в аппарате должна существовать функция фиксации экспозиции при осуществлении съемки нескольких последовательных кадров. Иными словами должен присутствовать либо режим ручной установки как выдержки, так и диафрагмы, либо - это касается цифровых аппаратов - режим 'отмена автоэкспонирования', при котором производится фиксация параметров экспозиции первого снимка. Кроме того для цифровых аппаратов обязателен ручной режим установки баланса белого.

Эти естественные и довольно простые требования, вытекающие из необходимости получения одинаково экспонированных исходных изображений с одной и той же цветной тональностью, сразу же довольно резко ограничивает круг пригодной для панорамной съемки аппаратуры. Так становится фактически неприемлемым для целей получения качественных панорам целый класс фотоаппаратов типа point-and-shoot (т.е. 'мыльниц' - как пленочных, так и цифровых). В дальнейшем, говоря об объективах, мы приведем дополнительные доводы, свидетельствующие против применения такого рода фототехники в панорамной съемке.

Очевидно, что в наибольшей степени приведенным выше требованиям, соответствуют зеркальные фотоаппараты: как пленочные, так и цифровые. Кроме того с 'зеркалкой', как правило, можно использовать сменные объективы, в том числе короткофокусные, которые - и это мы увидим далее - в основном и применяются в панорамной фотографии. Желательно наличие автоматической перемотки пленки (для пленочных аппаратов) и возможность использования тросяка или другого устройства внешнего управления затвором. Из великого множества имеющихся сегодня на рынке цифровых 'незеркалок' для панорамной съемки в наибольшей степени подходят аппараты Nikon Coolpix с выпускаемыми для них широкоугольными конверторами. При этом нижним пределом размерности светочувствительной матрицы цифрового аппарата нужно считать 1600 x 1200 (то есть не менее 2-х мегапикселей).

Если у вас еще нет фотоаппарата или вы решили, что пора обновить имеющуюся у вас фототехнику, то при выборе нового аппарата необходимо учесть целый ряд дополнительных соображений. К ним в первую очередь относится желаемое качество будущих фотографий, финансовые соображения, объемы фотографирования и т.д. и т.п. Обсуждение всего круга подобного рода вопросов далеко выходит за рамки данной статьи. На популярных фотографических сайтах:

<http://www.photosight.ru/>

Можно найти ответы практически на все вопросы подобного рода.

Что касается автора данной статьи, то он, заметно устав от неудовлетворительного качества обработки фотопленки во всякого рода 'лабах' (причем в обоих полушариях Земли), борьбы за достоверность цветопередачи при сканировании, от 'зерна' на сканах и от самого очень трудоемкого процесса сканирования и т.д., при очередном обновлении имеющейся у него фототехники остановил свой выбор на цифровом зеркальном Canon'e. Заметим, что при этом никак не исключается периодическое использование пленочного фотоаппарата, например в длительных поездках и т.п.

Обратимся к фотообъективам. Здесь выбор диктуется в основном условиями и объектом фотосъемки. Так, если вам предстоит создать панорамное изображение равнинного или морского пейзажа, то в этом случае вполне мог бы подойти обычный 50-миллиметровый объектив. Однако, если в изображении предполагается наличие объектов, угловые размеры которых составляют десятки градусов (дома, деревья, горы, люди), то для их отображения может понадобиться объектив с более коротким фокусным расстоянием. Для получения так называемых сферических панорам (это в первую очередь касается съемки в помещениях, в условиях узких городских улиц и т.п.) уже желательно иметь объектив с полем зрения 180 градусов.

В таблице ниже приведены основные данные, которые могут быть приняты при выборе объектива для съемки на 35-мм пленку с целью последующего получения полных круговых (360-градусных) составных панорам. Требуемое количество изображений (исходных) подсчитано из предположения, что взаимное угловое перекрытие смежных снимков составляет не менее 25 градусов. Отношение длины полученной в результате сшивания панорамы к ее ширине есть результат простого деления 360 градусов на поле зрения объектива при соответствующей ориентации аппарата. На практике эти отношения могут быть выше, что обусловлено не полным использованием кадра исходного снимка, изменением размеров при сшивании панорам в соответствующих программах, и т.п. Поэтому приведенная таблица носит скорее иллюстративный, нежели справочный характер. Точные данные даст вам работа с конкретным объективом и программой сшивания.

Фокусное расстояние	Поле зрения, верт./гориз. ориентация	Требуемое количество изображений	Отношение длины к ширине панорамы
8 мм (fish-eye)	180° x 180°	3	2
16 мм (fish-eye)	137° x 88°	6 / 4	4,1 / 2,6
20 мм	84° x 62°	8 / 6	5,8 / 4,3
24 мм	74° x 53°	9 / 7	6,8 / 4,9
28 мм	65° x 46°	10 / 8	7,8 / 5,5
35 мм	54° x 38°	13 / 9	9,5 / 6,6
50 мм	40° x 27°	18 / 12	13,3 / 9,0

Данная таблица позволяет рассмотреть еще один (помимо поля зрения) критерий выбора объектива для получения составных панорамных изображений. Это их размер. Если речь идет о печати, то ответ очевиден: чем размер больше, тем качественней отпечаток. Однако, если планируется разместить получаемое панорамное изображение на интернет-сайте, то его размер, а следовательно время загрузки, уже становится одним из факторов подбора объектива. Предположим, что вы решили размещать полученные вами 360-градусные панорамы на своем сайте, используя для их воспроизведения (просмотра) так называемый java-viewer (о чем подробно речь пойдет ниже) с окном высотой 300 пикселей. Для просмотра вам будет необходимо создать и сохранить в формате jpg панорамные изображения высотой (как показывает опыт автора) не менее 360 пикселей. Если для получения исходных снимков вы использовали 20-мм объектив (с вертикальной ориентацией), то, согласно таблице выше, длина такой панорамы составит не менее 2088 пикселей. Объем такого изображения, скатого в jpg с коэффициентом качества 50%, в зависимости от его сюжета и резкости будет порядка 130-160 килобайт. Тот же объем для 16-мм объектива уже будет меньше: 110-140 килобайт. Таким образом, как ни парадоксально это звучит, чем короче фокусное расстояние объектива, тем меньше объем файла (компьютерного) с панорамным изображением.

Рассмотрим еще один фактор, влияющий в какой-то степени, на выбор объектива. Речь идет о количестве исходных фотографий, необходимых для изготовления панорамы. 18 кадров для 50-мм объектива при вертикальной его ориентации - это половина пленки (36 кадров). Иными словами - много. Да и вряд ли найдется достаточное количество сюжетов для панорамной съемки таким объективом. Опыт автора подсказывает, что для панорамной фотографии использование объектива с фокусным расстоянием более 28 мм (для пленки шириной 35 мм) вряд ли целесообразно.

О качестве объективов, приемлемом в панорамной фотографии, уже говорилось в предыдущем разделе, в частности, что объективы с фиксированным фокусным расстоянием предпочтительнее 'зумов'. В настоящее время, однако, большинство фотографов предпочитают один хороший (и не дешевый) широкоугольный 'зум' набору 'фиксфокалов'. В особенности это характерно для владельцев зеркальных цифровых фотоаппаратов. Думается, что каких-либо принципиальных возражений против использования таких объективов не существует. Единственное, что надо иметь ввиду, это условие неизменности фокусного расстояния в процессе съемки одной панорамы и необходимости точного знания этого фокусного расстояния, поскольку это весьма существенный параметр для получения панорамных изображений из плоских снимков и большинство программ сшивания требуют ввода его точного значения.

После длительных экспериментов с различными объективами (и программами) автор этих строк решил, что ему для получения составных панорам в наибольшей степени подходят объективы fish-eye. Их у автора два: Sigma 8 mm F4 EX и наш отечественный МС Зенитар-М 2,8/16 с резьбой M42, что позволяет устанавливать его на фотоаппараты

Canon через переходное кольцо. Первый объектив в сочетании с цифровым Canon Digital Rebel позволяет получать как круговые цилиндрические панорамы с отношением сторон 3,5/1 при горизонтальной ориентации аппарата, так и сферические панорамы при его вертикальной ориентации. Объектив Зенитар является, пожалуй, идеальным объективом для получения панорамных изображений с использованием 35-мм пленочных 'зеркалок'. Имеется также fish-eye конвертор FC-E8 для аппарата Nikon CoolPix 950 (990, 995, 4500, 5000), с помощью которого автор постигал начала панорамной фотографии. Но сегодня качество изображений, получаемое с помощью такой комбинации, не сопоставимо с тем, что дает 6-мегапиксельный зеркальный Canon. Подробнее об использовании объективов fish-eye в панорамной фотографии мы расскажем в отдельной статье.

И последнее об объективах. Съемка в режиме автофокусировки не допустима. Перед началом съемки необходимо перейти в режим ручной фокусировки и не трогать фокусировочное кольцо до окончания всего сеанса получения исходных снимков для данной панорамы.

Теперь о штативах. Точнее не только о штативах, но и о других устройствах и способах фиксации фотоаппарата при панорамной съемке.

Нетрудно сделать несколько (3-5) последовательных снимков, внимательно следя через видоискатель фотоаппарата за тем, чтобы каждый последующий кадр на 25-30% перекрывал предыдущий и чтобы при этом линейное и угловое положение линии горизонта оставались неизменными. Однако если речь идет о необходимости выполнения 8-10-12 последовательных снимков с поворотом фотоаппарата строго в горизонтальной плоскости на полные 360°, то без фотоштатива и специальной (панорамной) головки (или рамки), которая позволила бы при переходе от кадра к кадру поворачивать аппарат на строго определенный угол, здесь не обойтись. Единственным особым требованием, предъявляемым к такому штативу является, пожалуй, наличие в его конструкции жидкостного уровня для нивелирования крепежной площадки.

В качестве головки штатива для панорамной съемки в принципе можно использовать универсальную 3D головку, аналогичную изображенной ниже модели Manfrotto/Bogen 3025.



Это недорогое приспособление позволяет закрепить фотоаппарат в горизонтальном положении на нивелируемой горизонтальной площадке и даже слегка отрегулировать положение аппарата в продольном направлении, что необходимо для соответствующего позиционирования нодальной точки объектива. Головка снабжена лимбом и может поворачиваться в горизонтальной плоскости на требуемый угол. Карданная конструкция головки позволяет также задать такую конфигурацию колен, при которой возможно вертикальное закрепление фотоаппарата. Заметим, правда, что это достижимо лишь для аппаратов определенных размеров.

Полезным дополнением к такой комбинации штатива и головки является спиртовой уровень, позволяющий горизонтировать фотоаппарат с более высокой степенью точности. В качестве примера можно привести призматический уровень Hasselblad, который устанавливается на 'горячий башмак' фотоаппарата.



Наилучшие результаты достигаются, все же, при использовании специальных панорамных рамок.



На фотографии сверху изображена такая рамка для крепления аппаратов Nikon Coolpix 950. Называется она KiWi 900/950 и производится (точнее производилась) небольшой американской компанией Kaidan, специализирующейся на разработке и изготовлении панорамных головок для фотоаппаратов различных типов. Конструкция этой рамки представляет собой L-образную скобу, закрепляемую на фотоштативе через поворотный механизм-трещетку, позволяющий поворачивать скобу в горизонтальной плоскости на 360° за 18, 14 и 5 раз в зависимости от того, используется ли фотоаппарат лишь со штатным зум-объективом в его короткофокусном положении, установлен ли на объектив широкоугольный конвертор или fish-eye конвертор. В верхней части скобы имеются 2 отверстия и горизонтальный паз для крепления аппарата в соответствии с фокусными расстояниями объектива и объектива с конверторами. На горизонтальной площадке скобы расположен (на снимке не видно) двухосевой спиртовой уровень. Надо отметить, что конструкции такой рамки нет ничего такого, что нельзя было бы изготовить своими силами или заказать в мастерской. В Интернете можно найти довольно много примеров такого непрофильного для фотографов технического творчества.

Съемка со штатива, тем более с установленной на нем панорамной головкой или рамкой, безусловно необходима для получения качественных результатов, а точнее исходных фотоснимков, последующее сшивание которых в панораму не составит каких-либо существенных проблем даже при использовании рядовых и недорогих программных средств.

Следует признать, однако, что съемка со штатива не всегда удобна и даже возможна. В основном это касается съемки в общественных местах. При этом возникает вопрос, возможна ли съемка круговых панорам (или даже сферических) панорам без штатива. Ответ - 'да', возможна. Однако в этом случае как минимум необходимо обзавестись традиционным (прямоугольным) объективом с фокусным расстоянием не более 20 мм (для пленочного аппарата). Это пожалуй тот вариант, когда вы можете повороты вместе с фотоаппаратом делать еще на глаз, то есть на 1/8 полного круга. Легче всего поворачиваться на 1/4 круга (т.е. на 90?), но для этого вам уже понадобится 16-мм fish-eye, и то только при горизонтальной ориентации аппарата. Для цифровых аппаратов с 'кроп-фактором' 1,6 уже не обойтись без 8 мм fish-eye'я. Кроме того, если вы решились снимать без штатива и у вас уже есть подходящий для этой цели объектив, вам совершенно необходим жидкостный уровень, наподобие того, который изображен выше.

Как же снимать? Нам известно по крайней мере 3 способа панорамной съемки без штатива.

Первый из них и самый простой заключается в том, что вы намечаете на земле какой-либо ориентир (например камешек), устойчиво располагаетесь над этим ориентиром таким образом, чтобы проекция нодальной точки объектива (при условии, что вы знаете ее положение относительно корпуса аппарата или переднего элемента объектива) на поверхность земли как раз проходила через намеченный вами ориентир, тщательно горизонтируете аппарат с помощью уровня и производите съемку первого кадра. После этого, стараясь удерживать аппарат на той же высоте, вы поворачиваетесь по часовой стрелке на 45?, 60? или 90? (в зависимости от имеющегося у вас объектива) и с соблюдением тех же условий, что и выше, делаете второй кадр. И так далее пока не будет сделан последний кадр в этой серии. Соблюдение строгости поворотов здесь необязательно. Достаточно лишь быть уверенным, что снимки делаются с достаточным для последующего сшивания перекрытием (примерно 25?-30?). В то же время угловое положение аппарата относительно горизонтальных осей (т.е. осей наклона) является весьма критичным. Крайне желательна также минимизация смещений аппарата относительно вашего ориентира на земле. В противном случае вам гарантировано наличие параллактических погрешностей при наличии в кадре предметов переднего плана. Если вами избран именно этот способ съемке, будьте готовы к весьма значительному объему работ по сшиванию, даже если в вашем распоряжении находится самая совершенная на сегодняшний день соответствующая программа. Без ретуширования в Фотошопе (или какой-либо другой программе, позволяющей работать со слоями) вам не обойтись. Однако поводов для того, что бы напрочь отказываться от этого метода, нет.

Развитием описанного выше простейшего способа панорамной съемки без штатива является т.н. Филопод по имени предложившего этот способ Филипа Хурбейна способ:

<http://www.philohome.com/>

Здесь фотоаппарат с уровнем дополняется обычновенным отвесом, верхняя петля которого надевается на объектив в районе его нодальной точки. При этом возникает возможность более точного удержания аппарата в линейных координатах, т.е. по высоте и в горизонтальной плоскости.



Следует сказать, однако, что человек, снимающий фотоаппаратом с отвесом выглядит несколько странно и вызывает любопытство окружающих. Даже американцы, привыкшие ко всякого рода чудачествам на улицах, неоднократно подходили к автору этих строк с вопросом 'а что это такое?'

И, наконец, третий способ - съемка с монопода. По существу он как-бы является 'жесткой' версией второго способа, но результаты, которые можно при этом получить, по качеству приближаются к 'штативным'. На фотографии ниже изображена комбинация цифрового Canon'a, призматического уровня и съемной центральной телескопической колонки от штатива Cullmann 2800 с достаточно простой 3D головкой. Такая конструкция обладает малым весом, портативностью и возможностью осуществления некоторых регулировок.



Обратите внимание (выделено кругом), что площадка, которой крепится фотоаппарат,

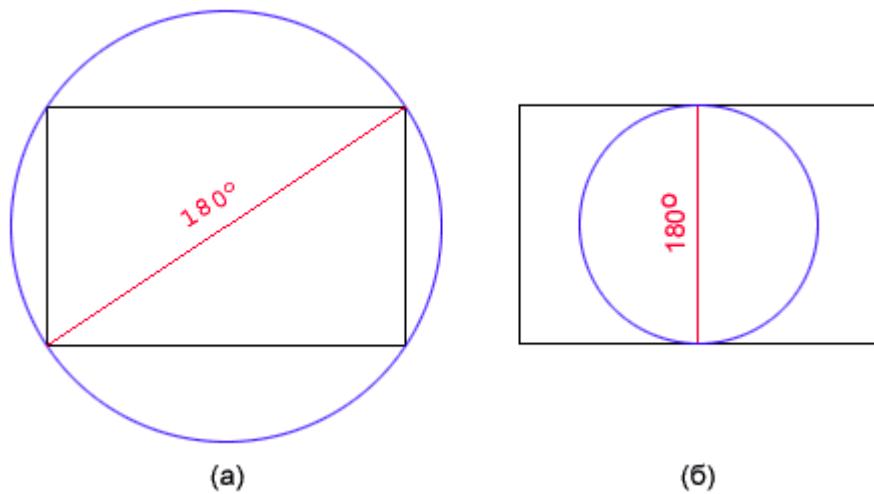
слегка наклонена вперед, что позволяет совместить проекцию нодальной точки 8 мм объектива Sigma, находящуюся в районе бронзового кольца сразу за передним элементом объектива, с точкой опоры монопода. В результате из 4-х исходных снимков можно получать цилиндрические панорамы с вертикальным размером 100°-110° с минимальными последующими доработками в Фотошопе.

В заключение отметим, что ни один из изложенных здесь способов панорамной съемки без штатива не пригоден в условиях недостаточной освещенности (например в помещениях). В таких случаях алтернативы штативу просто нет.

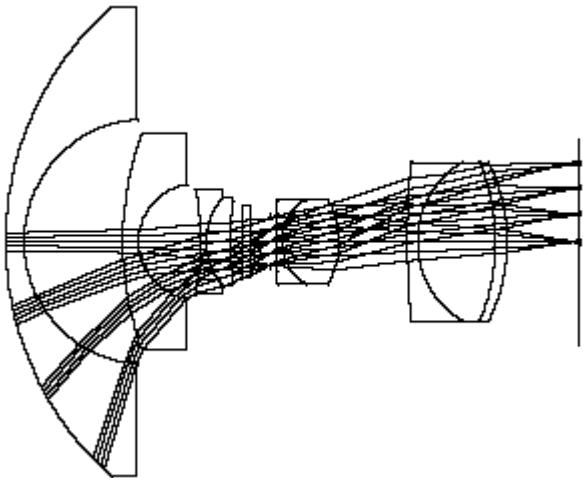
Объективы fish-eye

К объективам fish-eye (или 'рыбий глаз') относятся такие объективы, поле зрения которых составляет не менее 180°. Различают два типа объективов fish-eye:

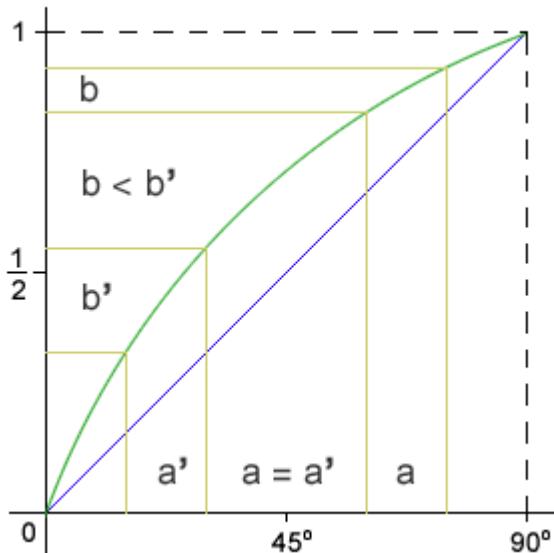
- (а) диагональный fish-eye (full frame), у которого поле зрения в 180° измеряется по диагонали фотографического кадра; применительно к 35 мм пленке их фокусное расстояние лежит в пределах 14-16 мм;
- (б) круговой fisheye (circular), который захватывает угол 180° в пределах узкой стороны фотографического кадра, иными словами - кружок изображения попадает внутрь кадра; фокусное расстояние объективов этого класса составляет 6-8 мм.



Пример фотографии, полученной с помощью кругового fish-eye'я, приведен в статье 'Геометрия панорамной фотографии'. Ниже показан вариант оптической схемы объектива fish-eye.



На схеме заметно, что линейное расстояние от центра кадра до элемента изображения на пленке пропорционально угловому расстоянию этого же элемента в реальности от оптической оси объектива. Однако это утверждение справедливо лишь теоретически. На графике ниже (ось абсцисс - угловое расстояние, ось ординат - линейное расстояние на пленке) эта теоретическая зависимость отображена в виде прямой линии синего цвета. Реальная же зависимость (в несколько утрированном виде) носит характер кривой зеленого цвета, т.е. объекты изображения, расположенные на периферии кадра выглядят немного 'тоньше', чем объекты того же углового размера, но находящиеся ближе к центру кадра (оптической оси объектива).



То есть объективам fish-eye присущ тот вид геометрических искажений, который носит название 'радиального смещения'. И это в дополнение к уже имеющемуся 'бочковидному' рисунку изображения, формируемому fish-eye'ем. Заметим, попутно, что бочкообразные искажения в традиционных (прямоугольных) объективах имеют ту же природу, что и радиальное смещение в объективах fish-eye.

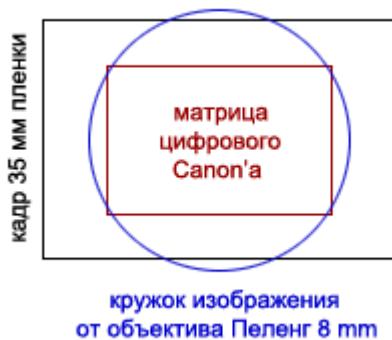
Впервые объектив fish-eye под названием Hill Sky Lens был изготовлен в 1924 г. компанией Beck of London. Свое основное применение этот объектив нашел в метеорологии для фотографирования неба 'одним кадром'. В дальнейшем объективы этого типа стали широко использоваться в астрономии для фотографирования ночной картины звездного неба и наблюдения за метеоритами.

Фотографы (не метеорологи или астрономы) обратили свое внимание на объективы fish-eye около 20-ти лет назад (в середине 80-х годов) с появлением массового доступа к компьютерам. Выяснилось, что изображение, полученное с помощью fish-eye'я, можно трансформировать к виду, пригодному для нормального восприятия. Привлекательной для фотографов стала свежширокоугольность этих объективов. То обстоятельство, что круговой fish-eye имеет поле зрения, равное или превышающее 180°, навело на мысль, что если удастся каким-то образом совместить края двух полученных с помощью fish-eye'я изображений, сделанных из одной точки в строго противоположных направлениях, то это станет идеальным способом получения полных сферических панорамных картинок. Мысль оказалась плодотворной и вскоре была реализована на практике в виде, пригодном для коммерческого использования.

Мы не будем рекомендовать получать панорамные изображения из 2-х исходных снимков, сделанных с помощью кругового fish-eye'я. И этому есть свои причины (см. статью 'IPIX и другие').

Нас в объективах fish-eye привлекает то, что можно получить круговую и даже сферическую панораму, сделав всего от 3 до 8 снимков (в зависимости от конкретного типа объектива и фотоаппарата).

Сегодня нет проблем с приобретением практически любой фотографической техники, в том числе и объективов fish-eye. Помимо уже упомянутого нами 16 мм Зенитара можно найти белорусский 8 мм МС Пеленг 3,5/8. Оба объектива, кстати сказать, пользуются заметной популярностью на Западе. Во всяком случае им посвящено множество материалов, выложенных в Интернете. К недостаткам этих двух объективов можно отнести, пожалуй, лишь один: появление на изображениях заметных бликов от точечных источников света. Отсутствие автофокусировки, о которой часто пишут в отзывах на эти объективы, серьезным недостатком вряд ли может считаться. В то же время во всех практических отзывах указывается на весьма высокую резкость обоих объективов. Довольно специфический недостаток имеет объектив Пеленг: диаметр кружка изображения, получаемого на 35 мм пленке, составляет 26,5 мм. Иными словами реальное поле зрения по короткой стороне кадра будет около 160° вместо 180°, что не позволяет отнести этот объектив к классу круговых. При установке Пеленга на цифровой зеркальный аппарат, например Canon 300D, проблема усугубляется. Поскольку размер светочувствительной матрицы этого фотоаппарата составляет 22,7 x 15,1 мм, теперь уже и по длинной стороне кадра поле зрения не дотягивает до 180°. Это проиллюстрировано на рисунке ниже.



То есть, фактически изначально 8 мм круговой объектив превращается в диагональный fish-eye.

Сейчас также стал доступен (имеется в продаже в России) объектив Sigma 8 mm F4 EX.

Диаметр кружка изображения этого объектива на 35 мм пленке равен 22,08 мм. Это означает, что при его установке на цифровой Canon 300D с его кроп-фактором, равным 1,6, поле зрения объектива по длинной стороне сохраняется равным 180°. Это делает объектив Sigma 8 mm F4 EX пригодным для получения исходных снимков в портретной ориентации с углов зрения по вертикали 180° с целью последующего получения сферических панорамных изображений.



Если у вас уже есть цифровой фотоаппарат Nikon Coolpix серии 800, 900, 4000 или 5000, то вам подойдет fish-eye конвертор Nikon FC-E8. Причем аппараты указанных серий позволяют производить переключение между режимами кругового fish-eye'я и диагонального. Следует заметить, однако, что качество фотографий, полученных с помощью комбинации фотоаппарат/адаптор Nikon несколько хуже, чем при использовании комбинации, составленной из цифрового зеркального аппарата и объектива fish-eye.

На фотографиях ниже последовательно изображены объективы МС Зенитар-М 2,8/16, Sigma 8 mm F4 EX и fish-eye конвертор Nikon FC-E8 (масштаб не соблюден.)>

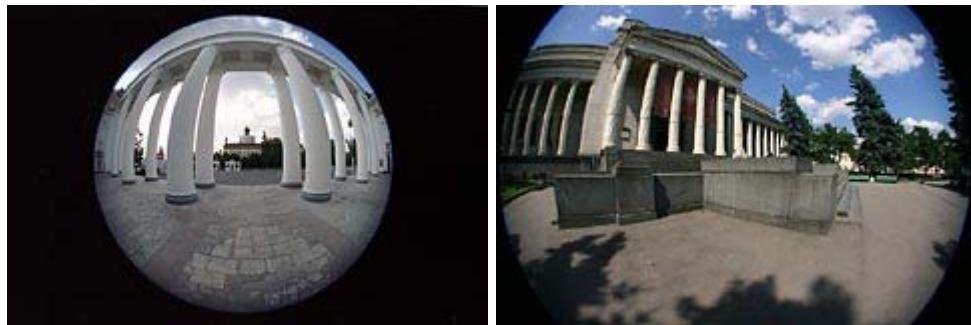


Фотографии, выполненные этими объективами выглядят следующим образом:

(а) объектив МС Зенитар-М 2,8/16, фотоаппарат 35 мм пленочный Canon EOS 3000 и цифровой Canon Digital Rebel (300D)



(в) fish-eye конвертор Nikon FC-E8, цифровой фотоаппарат Nikon Coolpix 950 в режиме кругового и диагонального fish-eye'я>



Проекции в панорамных изображениях

Данная статья по существу является развитием темы, начатой в разделе 'Геометрия панорамной фотографии'. Если там проекции рассматривались в основном с точки зрения того, какой вид они приобретают непосредственно на плоскости пленки (или сенсора) в фотоаппарате, то здесь мы постараемся разобраться в том, какие виды геометрических проекций применимы для получения составных круговых и сферических панорам. Четкое представление об этом - ключ к пониманию того, изображения какого типа формируются в программах сшивания панорам.

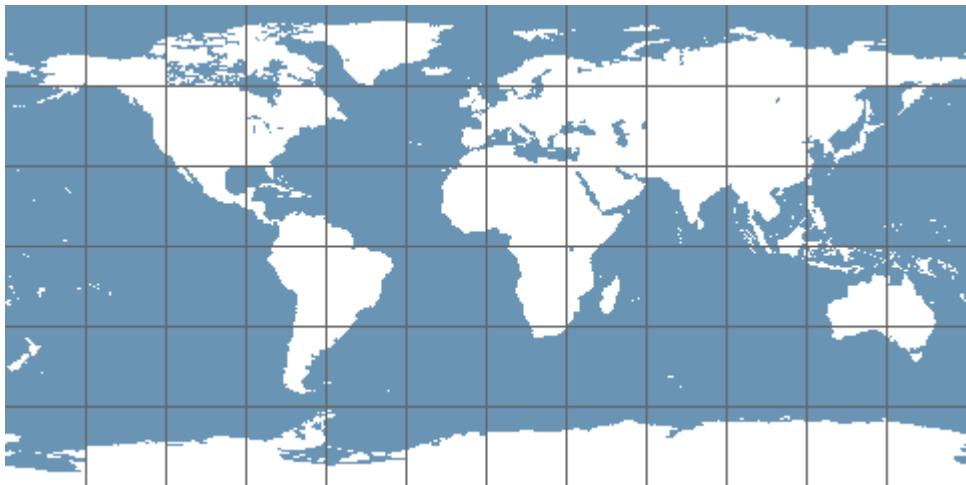
Скажем сразу, что рассматриваемые нами вопросы весьма близки к тому, чем занимаются картографы. В самом деле, представим себе, что мы находимся в центре пустотелой прозрачной сферы с изображенными на ее поверхности очертаниями материков и островов и нанесенной поверх всего этого координатной сеткой. По сути, такое представление - это аналог того, что видно через видоискатель фотоаппарата, если пытаться поворачивать, поднимать и опускать голову вместе с аппаратом.

Попытаемся изобразить все это на плоскости или, правильнее сказать, построим проекцию земной поверхности на плоскость. Существует несколько методов таких построений. Для наших целей подходят два: метод равноугольной цилиндрической проекции и метод эквидистантной цилиндрической проекции.

Рассмотрим первый из них. Поместим эту нашу сферу-глобус внутрь цилиндра того же диаметра. Теперь включим мощный точечный источник света, находящийся в центре сферы. Образованное при этом теневое изображение на внутренней поверхности цилиндра и будет той самой равноугольной цилиндрической проекцией. Сразу заметим, что тени от объектов в '极地' областях значительно деформировались в вертикальном направлении и качество их изображения является неприемлемым. Теперь разрежем цилиндр по одному из меридианов, развернем его на плоскости и получим то, что называется равноугольной цилиндрической проекцией. Ввиду того, что с точки зрения наблюдателя, находящегося внутри сферы, области спроектированного изображения, заключенные между параллелями, имеют одни и те же угловые размеры по вертикали, этот вид проекции и получил такое свое название. Из курса школьной географии вспоминается еще одно ее название - меркаторская. Фотографы, занятые созданием панорам, называют ее просто цилиндрической либо используют термин QTVR (Quick Time Virtual Reality).

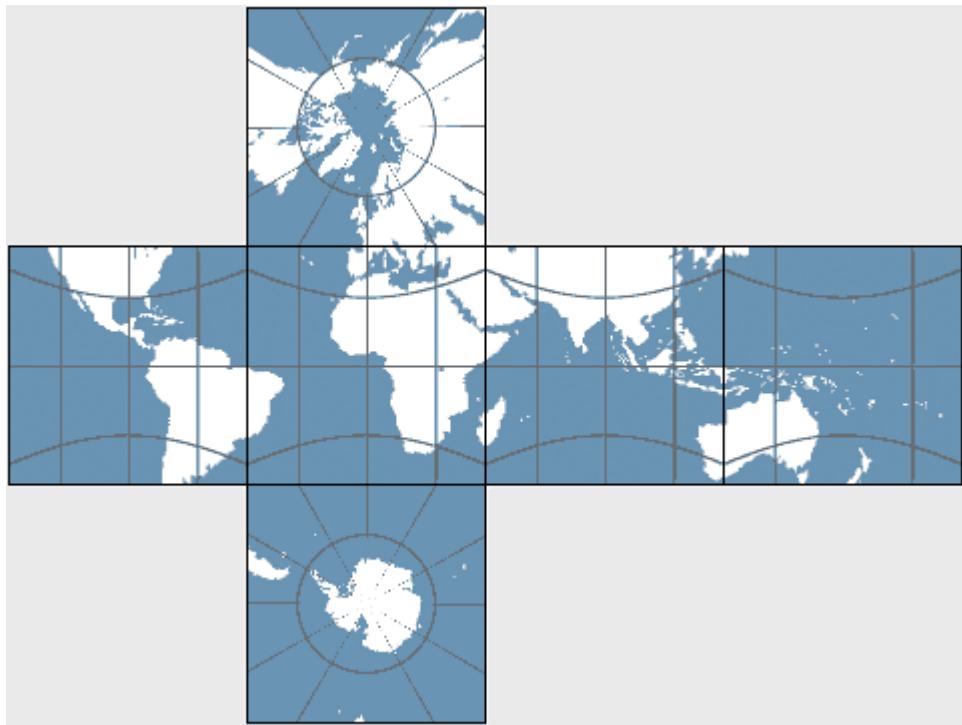


Для понимания метода эквидистантной проекции нам придется привлечь немного больше воображения. Представим себе, что изображение земной поверхности на сфере-глобусе нанесено на тонкую эластичную прозрачную пленку. Надрежем эту пленку от полюса до полюса строго по любому из меридианов и аккуратно снимем ее со сферы. Теперь расправим эту пленку на плоской поверхности таким образом, чтобы образовался прямоугольник. В этом случае степень растяжения будет тем больше, чем ближе к полюсам. Сами полюса растянутся в бесконечно тонкую горизонтальную линию (что конечно является математической идеализацией). В результате мы обнаружим, что длинная сторона полученного прямоугольника будет равна длине экватора сферы, а его короткая сторона - половине этой длине.



Более того, прямоугольники, образованные линиями параллелей и меридианов (в нашем случае квадраты со стороной 30?), равны, поэтому в англоязычной литературе для проекции этого типа часто используется термин *equiangular*, что в дословном переводе звучит как 'равнопрямоугольная'. Кроме того можно встретить еще одно название - *PSphere*. Сразу отметим, что этот вид проекции необычайно важен, если мы ведем речь о сферических панорамах.

Панорамные изображения в описанных выше двух проекциях могут быть получены сразу в результате работы алгоритмов программ сшивания. Однако при воспроизведении (просмотре) панорам на экране компьютера используется еще один вид представления панорам - в виде куба или кубической проекции. Пояснить, как получить такую проекцию очень легко с помощью уже использованной нами модели глобуса. Представим себе, что наша сфера-глобус помещена в пустотелый куб, каждая из сторон которого равна диаметру сферы. Далее с помощью того же точечного источника света спроектируем изображение на сфере на внутреннюю поверхность куба, а затем расправим куб по его сторонам на плоской поверхности. Результат такого действия показан на рисунке ниже.



Изображение такого типа не может быть получено непосредственно из исходных фотоснимков, а является результатом геометрических преобразований из изображения в сферической проекции.

Программы сшивания панорам

Программа сшивания предназначена для получения непрерывного бесшовного панорамного изображения из серии исходных фотоснимков. При этом, как правило, выполняются последовательно 3 основных операции:

1. преобразование исходных фотоснимков, выполненных нормальным объективом или объективом fish-eye, к виду, пригодному для сшивания, т.е. приведение к цилиндрической или сферической проекциям;
2. собственно сшивание, т.е. совмещение одинаковых элементов, находящихся в смежных общих областях снимков; и
3. смещивание смежных изображений с целью выравнивания их яркости, контрастности и цветовой тональности.

Мы не ставим свое целью описание приемов работы с теми или иными программами сшивания. Для этого существуют инструкции и руководства. Наша задача - более подробно ознакомиться со свойствами и характеристиками таких программ на примере лишь нескольких из них.

Подчеркнем еще раз, что если исходные снимки сделаны с соблюдением всех тех условий, о которых шла речь в предыдущих статьях (качественный объектив, штатив, уровень и т.п.), практически любая программа сшивания прекрасно справится с поставленной перед ней задачей. На практике, однако, выполнение всех этих требований не всегда достижимо и в этом случае программа сшивания берет на себя исправление погрешностей в панорамах, вызванных допущенными в процессе подбора оборудования и съемки отступлений от идеального сценария. Таким образом программа сшивания характеризуется не тем, как она обрабатывает 'совершенные' снимки, а тем,

как она справляется со всякого рода погрешностями на снимках ('бочки', виньетирование, наклоны, неравномерность экспонирования, цветности и т.п.)

Первой современной программой, предназначеннной для сшивания панорам из отдельных фотоснимков, следует считать QuickTime VR Authoring Studio, выпущенной в 1997 г. корпорацией Apple Computers. С тех пор количество программ сшивания панорам, представленных на рынке, превысило три десятка. Большая часть такого рода программ имеет в свое основе алгоритмы автоматического сшивания, в основе которых лежит распознавание контрастных элементов изображений на исходных снимках. Некоторые программы осуществляют сшивание по маркерам, расставляемым пользователем на смежных изображениях с последующим совмещением маркированных точек на результирующей панораме:

<http://www.panavue.com/>

Как правило до начала работы по сшиванию необходимо указать фокусное расстояние объектива, с использованием которого велась съемка. Это можно сделать либо путем непосредственного ввода числового значения, либо подобрать тип фотоаппарата с объективом из имеющейся в программе несложной базы данных. Несколько программ могут самостоятельно осуществлять уточнение этих фокусных расстояний:

<http://www.panoramafactory.com/>

<http://www.pixaround.com/>

Существуют программы, позволяющие сшивать панорамы, представленные несколькими рядами исходных фотоснимков все тот же:

<http://www.panavue.com/>

<http://www.realviz.com/>

Практически все программы позволяют задавать тип будущей панорамы - плоская или круговая. Большинство программ генерируют не только сшитое результирующее панорамное изображение, но и HTML-код, пригодный для непосредственного размещения на странице сайта и позволяющий воспроизвести панораму с помощью тут же размещаемой программы-вьюера (как правило Java-апплета) или обращения к соответствующему подключаемому модулю (плагину) браузера.

К сожалению мы не можем подробно остановиться на программе QuickTime VR Authoring Studio поскольку она реализуется только на компьютерах Apple. Мы же располагаем только компьютером PC, работающим под управлением Windows. Кое-что, однако сказать можно. О достоинствах программы говорит тот факт, что она не претерпела каких-либо серьезных изменений за годы своего существования (вышла лишь обновленная версия 1.01) и что до сих пор владельцы компьютеров Apple отдают ей безусловное предпочтение. Кроме того корпорация Apple Computers предложила уникальный формат весьма качественного представления панорамных изображений под названием QTVR (о котором уже упомянуто в предыдущей статье) и программу для их просмотра (о чем подробно мы расскажем в соответствующей статье).

Более подробное рассмотрение программ сшивания начнем с Ulead COOL 360 производства компании Ulead Systems. Выщенная в 1999 году, эта программа до сих пор является примером весьма оригинального построения интерфейса пользователя.



Для работы с этой программой вообще не требуется каких-либо инструкций. Программа позволяет обрабатывать изображения, полученные лишь с использованием нормальных (прямоугольных объективов). Она не плохо справляется с работой по смешиванию изображений, но довольно беспомощна в случае геометрических погрешностей и практически не обрабатывает фантомные элементы изображений. Ulead COOL 360 не обновлялась с момента первого ее появления на рынке. Пользуясь пятибалльной шкалой по совокупности качеств ей вряд ли можно присвоить больше, чем 3 с плюсом.

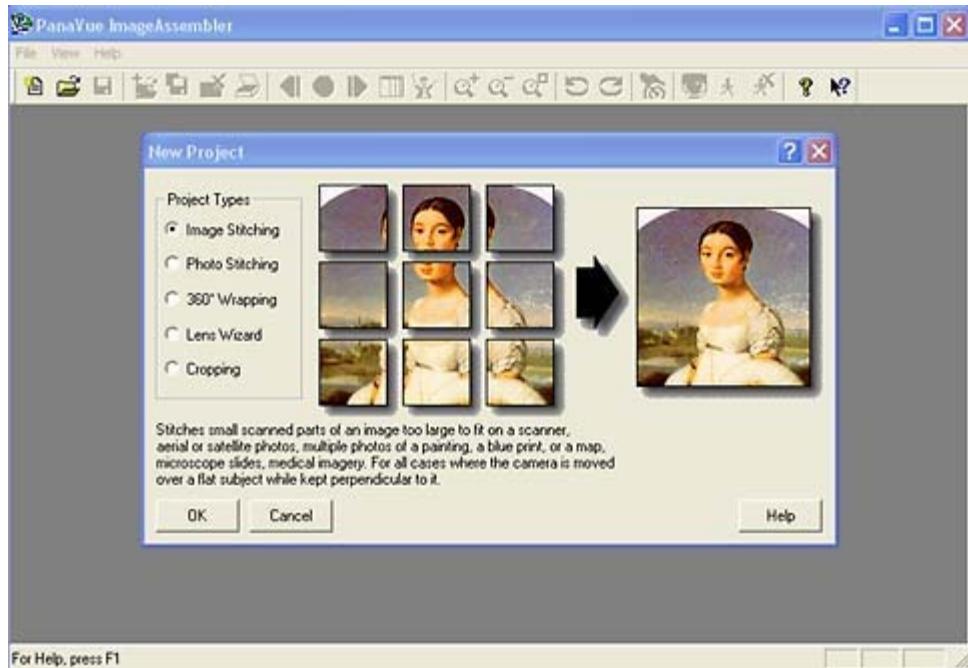
Хотя на памяти автора случай, когда в достаточно трудной геометрической ситуации (наличие на изображении изогнутых поручней практически по всей длине результирующего панорамного изображения) Cool 360 показала наилучшие результаты по сравнению с еще двумя программами, являющимися в то время лидерами в своем классе.

Рассмотрим еще одного 'ветерана' - программу PhotoVista. Изначально эта программа была представлена компанией Livepicture в 1998 г. Однако затем PhotoVista и другие программы, разработанные LivePicture, несколько раз переходили от одного владельца к другому. По мере смены владельцев в основном менялся интерфейс программы и весьма незначительно ее остальные свойства. По состоянию на 2004 г. владельцем программы, а точнее версией PhotoVista 3.0 является компания iSeeMedia. Но если судить по количеству отзывов о программе, наиболее популярной все же осталась версия PhotoVista 2.0, выпущенная компанией MGI в 1999 г.



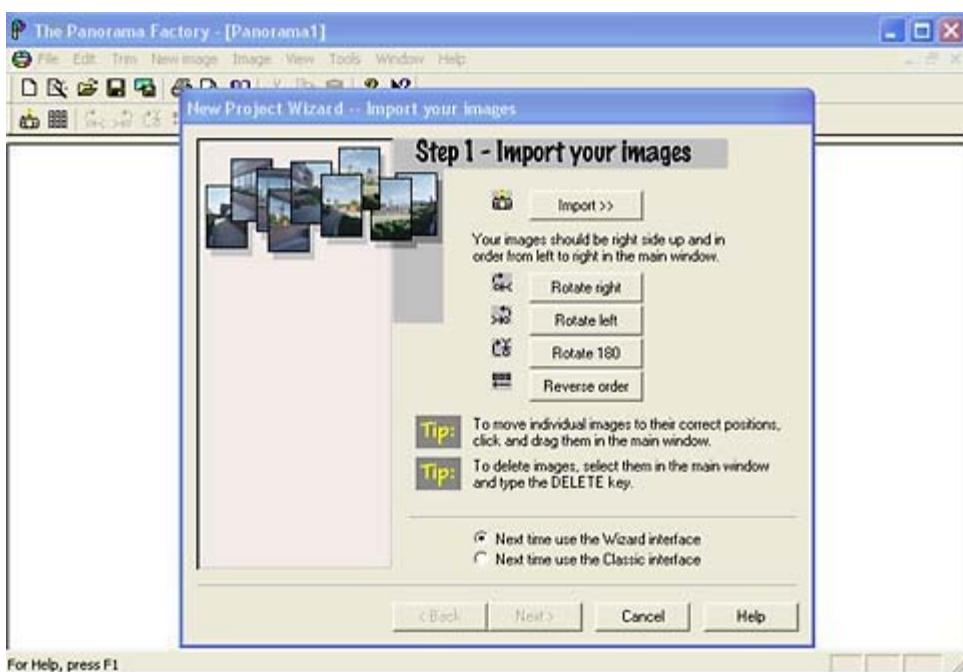
PhotoVista (мы будем основываться на опыте работы с версиями 1.3.2 и 2.0) обладает простым и понятным интерфейсом и, так же как и уже рассмотренная нами Ulead COOL 360, практически не требует предварительного изучения какой-либо инструкции (хотя таковая и существует). По качеству результатом PhotoVista заметно превосходит большинство известных программ сшивания панорам (хотя имеет и ряд ограничений). По нашим наблюдениям наиболее сильными сторонами программы являются (а) великолепная способность обрабатывать геометрические несоответствия смежных изображений, (б) практически устраниТЬ фантомные элементы изображений (на одном снимке находится фрагмент идущего человека, а на смежном снимке его нет), (в) довольно неплохо (по крайней мере по сравнению с другими программами) справляться с различием в цветовой тональности смежных снимков. Программа без труда обрабатывает файлы изображений размером в десятки мегабайт и при этом делает это достаточно быстро. Наряду с очень широкими возможностями выбора традиционных объективов существует возможность сшивать изображения, полученные с помощью диагонального объектива fish-eye (с фокусным расстоянием 16 мм). Очень сильной стороной программы является возможность представления результирующей панорамы в любом из 3-х видов проекций: эквидистантной (сферической), цилиндрической или кубической. К недостаткам или, точнее, ограничениям программы можно отнести, пожалуй, только невозможность сшивания многорядных (мозаичных) панорам. По совокупности качества результатов получаемых панорамных изображений и простоты работы с программой ей можно уверенно присвоить 5 баллов с небольшим минусом. По причине отсутствия каких либо элементов ручного манипулирования над исходными изображениями (наклоны, тональность и т.п.) формально эту программу не относят к классу профессиональных. По нашему же глубокому убеждению и на основании опыта работы с программой с 1999 г. PhotoVista (любой версии) имеет все шансы надолго обосноваться в арсенале программных средств 'панорамного' фотографа.

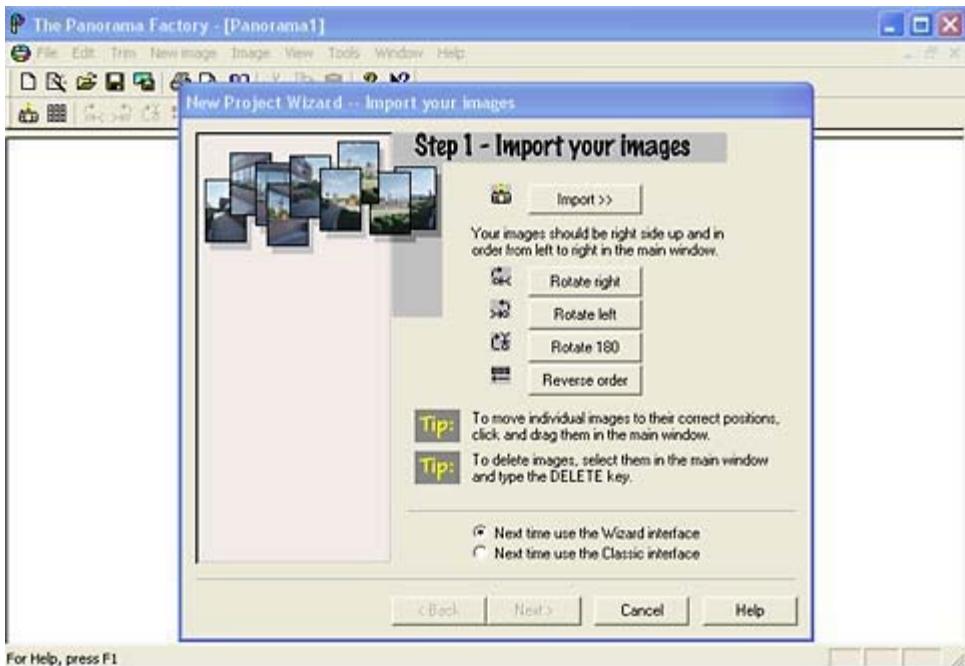
Если вам удалось получить исходные изображения приемлемого качества (однородная яркость и цветовая тональность исходных снимков, отсутствие виньетирования) и вы предпочитаете программы со множеством настроек, то вам скорее всего подойдет программа PanaVue Image Assembler версии 2.7 и старше.



Программа эта несет все признаки 'профессиональности'. Прежде всего она позволяет сшивать как однорядные, так и многорядные панорамы (или мозаичные изображения). В дополнение к основному автоматическому режиму сшивания есть возможность использования расставляемых вручную маркеров. Программа предусматривает сшивание изображений, выполненных с использованием 16-мм объектива fish-eye. Важной (и интересной) особенностью программы является режим самоподстройка параметров объектива, т.е. уточнение фокусного расстояния, угла наклона фотоаппарата и выявление и компенсация геометрических погрешностей (бочко- и подушкообразных искажений). Кроме того регулируется степень смешивания изображений и задается режим (по крайней мере теоретически) подгонки цвета. В целом программа заслуживает оценку в 4 балла. Разработчики программы достаточно регулярно выходят с новыми версиями программы, поэтому хочется надеяться, что перспективы качества программы не исчерпаны.

Panorama Factory, пожалуй, является самой известной и популярной в России (и ее ближайших соседях) программой сшивания панорамных изображений.

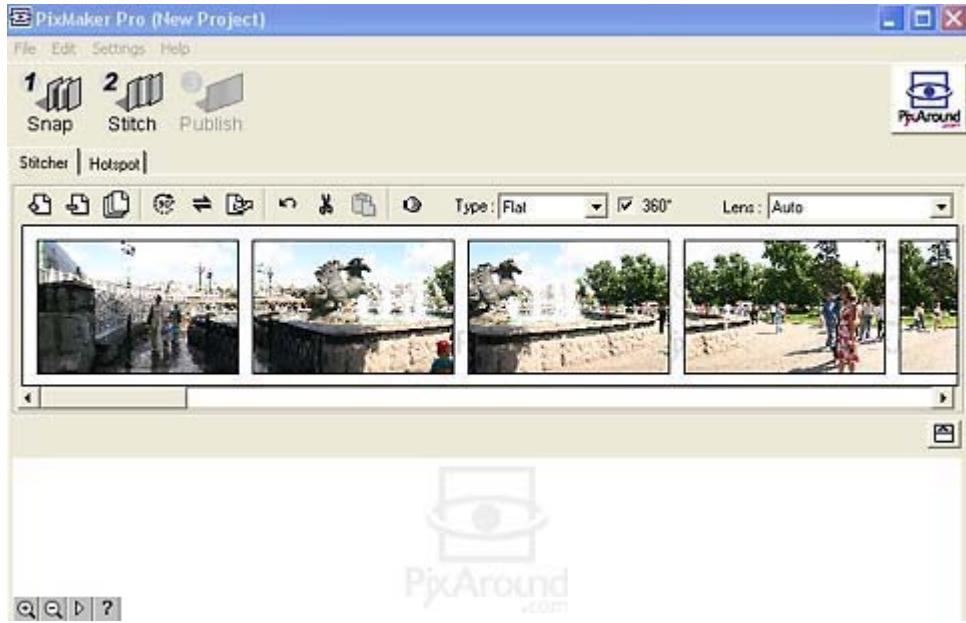




Факт такой популярности скорее всего обусловлено т.н. 'условной бесплатностью' (shareware) программы. Программа эта - результат труда одного человека - Джона Стрэйта (John Strait). Сейчас, правда, автор программы выступает как компания под названием Smoky City Design. Panorama Factory позиционируется ее автором как программа для фотографов-профессионалов, что подкрепляется довольно объемным руководством по работе с ней. Хотя в целом приемы работы с программой достаточно просты. Автор программы сделал особый упор на обработку изображений с точки зрения выравнивания яркостей, цветности и т.п. и, надо сказать, не без успеха. Существует режим автоматического определения (или уточнения) фокусного расстояния объектива. В то же время не редкость наличие на результирующих изображениях фантомных элементов. Наличие в программе режима 'тонкой регулировки' смешивания изображений позволяет до какой-то степени данный недостаток исправить, но в целом по этому критерию она явно уступает программе PhotoVista. Panorama Factory допускает лишь использование традиционных 'прямоугольных' объективов и позволяет получать только однорядные панорамы. Упомянутая выше обработка изображений, осуществляемая программой, не всегда понятна и в ряде случаев совсем нежелательна. Программа в своей работе потребляет значительные ресурсы компьютера и довольно медлительна. По результатам работы с данной программой скдывается впечатление о какой-то своего рода нестабильности в качестве получаемых изображений. Хотя в ряде случаев трудно желать чего-либо лучшего. Общая оценка, которую можно ей присвоить - 4 с плюсом.

Все 4 рассмотренные нами программы находятся в ценовом диапазоне от 35 до 70 долларов США, что делает их весьма доступными для широкой публики. Все они (за исключением, может, Ulead COOL 360) вполне могут быть отнесены не только к любительскому классу, но и к полупрофессиональному. Однако, наряду с программами этой категории на рынке существует и несколько по настоящему профессиональных программных продуктов с ценой, исчисляемой сотнями долларов. К ним, в частности, относится уже упомянутая нами QuickTime VR Authoring Studio. Другими широко известными представителями этого класса программ являются REALVIZ Stitcher компании REALVIZ, Panoweaver компании Easypano, PixMaker Pro компании PixAround.

Остановимся на последней из них.



Прежде всего в программе PixMaker Pro реализована концепция непрерывности технологии 'Снял-Сшил-Опубликовал' (Snap, Stich and Publish), что делает работу с программой простой и понятной. Однако, если обратится к меню программы, то мы обнаружим, довольно богатый набор предварительных регулировок: как ручных, так и автоматических. В первую очередь это касается параметров объектива: по любым 2-м выбранным смежным исходным изображениям можно уточнить фокусное расстояние, скорректировать геометрические искажения и компенсировать наклон объектива. Кроме того существует возможность регулирования глубины смешивания, коррекции цветности и минимизации фантомных элементов. Программа способна работать с диагональными объективами fish-eye. Однако сшивать можно только однорядные панорамы. PixMaker Pro прекрасно справляется с геометрическими погрешностями исходных снимков. Фантомные элементы (даже без участия минимизирующих их регулировок) на результирующей панораме как правило отсутствуют или обработаны таким образом, что на них не сразу обратишь внимание (так, разорванные линейные элементы заменяются ломаными). Иногда замечаются погрешности смешивания участков с градиентным характером окраски (небо). На результирующих изображениях часто проявляются едва заметные вертикальные полосы, разделяющие области различной тональности. Проявляется это в основном на участках изображений типа 'небо' и легко поддается простому ретушированию в Фотошопе. Программа PixMaker Pro вполне заслуживает той же оценки, что и PhotoVista - 5 с минусом.

Здесь, пожалуй, следует остановиться. Среди программ, заслуживающих внимания, осталось, пожалуй, только две: iPIX Interactive Studio и пакет программ под названием PanoTools. К ним мы обратимся ниже.

Что касается остальных имеющихся сегодня на рынке 25 (и более) программ сшивания, то краткие их описания и характеристики приведены на сайте:

<http://www.panoguide.com/>

Материал, изложенный выше, не содержит каких-либо пояснений относительно форматов представления исходных изображений и результирующих панорам. Думается, что это не является информацией, принципиально характеризующей качество работы той или иной программы сшивания. Но мы еще вернемся к этому вопросу в разделе, посвященном просмотру панорам.

И еще. Вряд ли следует ожидать создание универсально-идеальной программы сшивания, пригодной для всех типов объективов, сюжетов, выходных форматов и т.п. Чаще всего приходится прибегать к комбинации различных подходов и программ. То, что не удается одной программе, вполне может оказаться под силу другой. И наоборот. Доказательством служит весь наш опыт изготовления многих десятков панорам. Возраст программы при этом большого значения не имеет. Так, старенькая PhotoVista 1.3.2, которую автор этой статьи приобрел в уже далеком 1999 г. за 59 долларов 95 центов США, в большинстве случаев дает более качественные результаты, чем другие испробованные нами программы более поздних лет выпуска.

Пакет программ PanoTools - I

В 1998 г. профессор физики Хельмут Дерш (Helmut Dersch) из Технического Университета города Фюртванген (ФРГ) выложил на своем сайте:

<http://www.fh-furtwangen.de/~dersch>

ряд разработанных им программ, которые и по сей день являются пожалуй самыми известным и популярным среди фотографов инструментом создания панорамных изображений. Главное достоинство подхода, лежащего в основе этих программ, заключалось в том, что он позволял получать панорамы любых типов из снимков, полученных с помощью практически любого объектива. С их помощью можно сшивать как однорядные, так и многорядные панорамы. Наличие на исходных снимках всякого рода геометрических искажений ('бочки', наклоны фотоаппарата) также не является препятствием для получения панорам хорошего качества. Еще одним немаловажным достоинством разработки Х.Дерша являлось то, что она распространялась и распространяется до сих пор совершенно бесплатно. Более того автор сделал свой проект открытым и теперь любой может внести свою лепту в дальнейшее совершенствование его программ и методик.

В основе подхода Х.Дерша к решению задачи сшивания панорам лежит простая и весьма продуктивная идея. Вместо того, чтобы и дальше развивать и совершенствовать способы совмещения смежных областей изображений по контурам рисунков, затирать фантомные элементы и т.п., автор разработки решил трансформировать исходные изображения целиком так, чтобы минимизировать различие в рисунках этих смежных областей. Делается это по контрольным точкам (маркерам), расставляемым вручную. При этом трансформации подвергаются такие параметры изображений, как фокусное расстояние объектива, с помощью которого получено исходное изображение, параметры радиального смещения, присущие данному объективу, углы наклона объектива от кадра к кадру, линейные смещения изображений. В результате работы программы получается многослойный файл в формате PSD (как вариант), состоящий из маскированных трансформированных изображений, смещенных друг относительно друга и образующих при этом панораму.

Первоначально пакет программ Х.Дерша получил название Panorama Tools и представлял собой 4 плагина к Фотошопу или любому другому растровому графическому редактору, работающему со слоями. В дальнейшем, по мере совершенствования, пакет пополнился несколькими самостоятельными программами. В состав пакета входит также т.н. PTViewer - программа просмотра панорамных изображений (java-вьюер). Сегодня весь этот пакет, состоящий из плагинов Panorama Tools, 8-ми самостоятельных программ и PTViewer'a, носит название PanoTools.

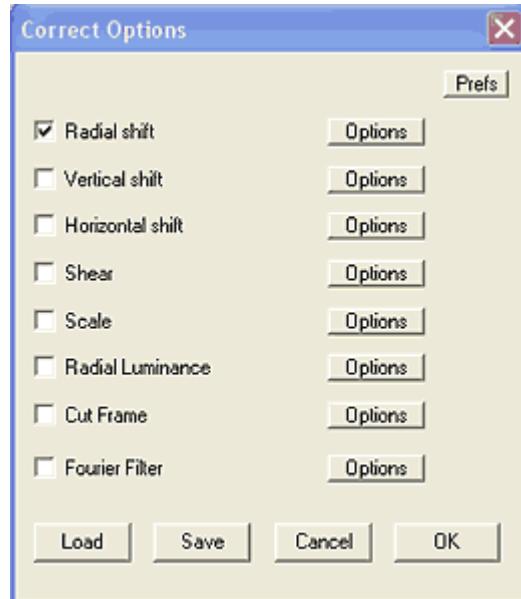
Пакет PanoTools мог бы, пожалуй претендовать на роль той самой 'универсально-идеальной' программы сшивания, если бы не одно весьма существенное обстоятельство. Работа с PanoTools предусматривает весьма тщательную расстановку контрольных точек на одинаковых элементах смежных областей исходных изображений. Причем выходное качество весьма чувствительно к количеству и точности их расстановки. Сразу отметим, что использование PanoTools для сшивание панорам из изображений, полученных с помощью прямоугольных объективов высокого качества вряд ли вообще оправдано. В настоящее время предпринимаются попытки создания программ автоматического определения координат контрольных точек, но, но полностью обойтись без ручного вмешательства в работу этих программ (проблема ложных точек) вряд ли удастся. Изначально пакет не предусматривал наличие вообще какого-либо графического интерфейса пользователя (GUI). Однако сегодня эта проблема успешно решена как самим автором PanoTools (программа PTPicker), так другими разработчиками (программы PTGui, PTAssembler и PTMac). При этом 3 последних программы уже не являются бесплатными. Следует сказать, что эти 3 программы не содержат какие-либо дополнения или усовершенствования к программам и методикам профессора Дерша. Они лишь предоставляют графический интерфейс для работы с созданными им средствами.

Перед тем, как мы перейдем к более подробному рассмотрению пакета PanoTools, заметим, что на самом сайте Х.Дерша вы уже не найдете того содержания, которое изначально было там размещено. В силу ряда обстоятельств (см. IPIX и другие) сайт неоднократно закрывался. Лишь в начале 2004 г. работа сайта возобновилась, но уже с совершенно иными содержанием. Однако, благодаря усилиям энтузиастов, существуют зеркала оригинального сайта (см. Ссылки).

Рассмотрение пакета PanoTools начнем с перечисления его модулей.

1. Panorama Tools, который состоит из следующих 4-х плагинов:

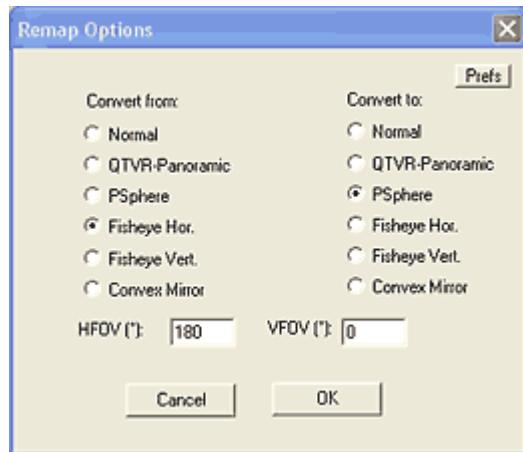
(a) Плагин Correct



Он позволяет корректировать радиальные смещения, т.е. устранять бочко- и подушкообразные искажения, корректировать хроматические aberrации, устранять скос изображений как по вертикали, так и по горизонтали, осуществлять сдвиг

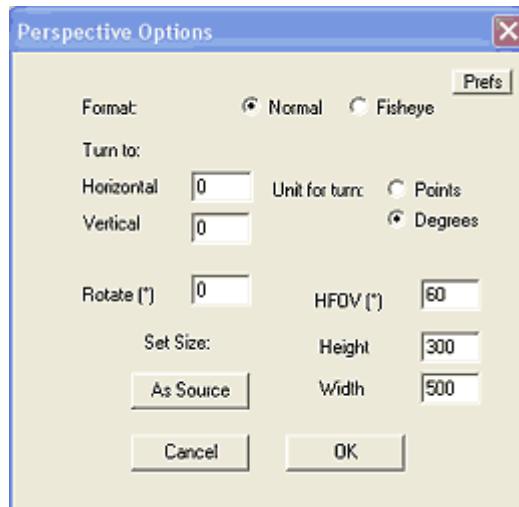
изображений по вертикали и по горизонтали, в том числе раздельно по цветам, компенсировать виньетирование, автоматически форматировать изображение по самому яркому прямоугольнику, фильтровать изображения с использованием преобразований Фурье и фильтра Винера.

(б) Плагин Remap



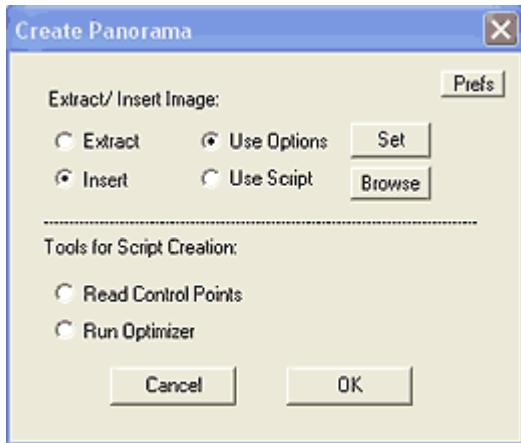
Несмотря на то, что сегодня Remap считается устаревшим, роль его в графических преобразованиях трудно переоценить. Его основное назначение - перепроецирование изображений. Remap позволяет преобразовывать изображения из одного типа проекции в любой другой. Например, если ваш исходный снимок выполнен с использованием объектива fish-eye, вы можете трансформировать его так, как если бы он был сделан через традиционный прямоугольный объектив и наоборот. В качестве исходных и выходных можно задать следующие типы проекций: нормальную (прямоугольную), цилиндрическую (QTVR), эквидистантную (PSphere), проекцию типа fish-eye, проекцию типа 'выпуклое зеркало'.

(в) Плагин Perspective Control



Этот плагин моделирует шифт-объектив для обычных нормальных объективов и fish-eye'ев.

(г) Плагин Adjust



Основное назначение этого плагина - получение полного панорамного изображения из набора исходных снимков, выполненных с помощью объективов любого типа. Плагин имеет встроенный оптимизатор для определения параметров объектива (фокусное расстояние, радиальное смещение и т.д.), а также встроенный блок сшивания изображений. Плагин позволяет осуществлять корректировку цветовой тональности, выделять из готовой панорамы и вставлять в панораму фрагменты в любой проекции.

Однако плагин Adjust - это не единственное средство получения панорамных изображений. В дополнение к набору плагинов Panorama Tools профессор Дерш разработал ряд автономных программных модулей, одним из которых является PTStitcher, который, по существу решает ту же задачу, что и плагин Adjust, но делает это уже без привязки к какому-либо графическому редактору.

Помимо программы PTStitcher в пакет PanoTools входят также следующие программы:

- (а) PTEditor - интерактивный редактор программных изображений,
- (б) PTStereo, которая позволяет создавать 3-хмерные объекты из 2-х и более стереоскопических изображений,
- (в) PTInterpolate - интерполятор вида; при наличии 2 видов одной и той же сцены, сделанных из разных точек, интерполятор позволяет создавать изображение с видом из любой промежуточной точки,
- (г) PTMorpher - средство плавного преобразования одного изображения в другое,
- (д) PTAverage - 'усредняет' изображения с целью снижения уровня шумов и повышения плотности,
- (е) PTStripe - составляет из отдельных изображений ленты для просмотра в т.н. объектных вьюерах,
- (ж) PTPicker - несложный графический Java-интерфейс к программе PTStitcher и другим перечисленным выше программам.

Кроме того в состав этого пакета включен автономный PTOptimizer.

Нас основном будут интересовать средства создания панорам, т.е. плагины Panorama Tools и программа PTStitcher.

Как же практически выглядит работа с PanoTools? Сразу скажем, что мы приведем лишь самые минимально необходимые сведения, которые позволят облегчить более глубокое овладение этим мощным и разносторонним пакетом программ по созданию панорамных изображений.

В Интернете уже содержится достаточно большое количество подробных описаний и инструкций по работе с PanoTools (см. Ссылки). Существует также форум на Yahoo под названием:

<http://groups.yahoo.com/group/PanoTools/>

насчитывающий почти полторы тысячи членов. На нем можно найти информацию о всех новинках, касающихся этой замечательной разработки. Мы, также, не будем касаться приемов работы с упомянутыми выше интерфесными программами (PTGui, PTAssembler), поскольку по нашему убеждению глубокое понимание того, каких результатов можно достичь при использовании разработки профессора Дерша, не возможно без предварительного овладения изначально 'ручными' приемами работы с ней.

Как мы уже говорили выше в основе метода лежит использование информации о контрольных точках, а точнее о координатах пар этих точек на смежных снимках относительно их левых верхних углов. В качестве контрольных точек следует выбирать такие, о которых заранее известно, что они не изменят своего положения во время сеанса съемки. Иными словами характерные элементы зданий (переплеты окон и т.п.) на снимках подойдут, а листья на деревьях в ветреную погоду и, тем более, облака нет.

Следующим важным элементом в PanoTools, который совершенно необходимо понять и усвоить, являются т.н. скрипты (script) - текстовые файлы, которые используется для управления работой плагина Adjust и программы PTStitcher (а также работой других программ, входящих в пакет, но сейчас они нас не интересуют). Помимо параметров управления скрипт содержит также информацию о контрольных точках.

Рассмотрим конкретный пример получения круговой панорамы из 5-ти снимков (n0, n1, n2, n3, n4), снятых с помощью диагонального fish-eye'я с интервалами, равными 72?:



Создадим 'пустой' скрипт, т.е. текстовый файл, содержащий информацию о параметрах исходных снимков и нашей будущей панорамы, но без контрольных точек:

p f2 w3000 h1000 v360 u10 n"PSD_mask"

i f3 w768 h1024 y0 p0 r0 v90 a0.01 b0.01 c0.01 n"n0.jpg"
i f3 w768 h1024 y72 p1 r1 v=0 a=0 b=0 c=0 n"n1.jpg"
i f3 w768 h1024 y144 p2 r2 v=0 a=0 b=0 c=0 n"n2.jpg"

```
i f3 w768 h1024 y-144 p3 r3 v=0 a=0 b=0 c=0 n"n3.jpg"  
i f3 w768 h1024 y-72 p4 r4 v=0 a=0 b=0 c=0 n"n4.jpg"
```

```
v v0 a0 b0 c0 y1 p1 r1 y2 p2 r2 y3 p3 r3 y4 p4 r4
```

Как видно из текста скрипта он состоит строк, начинающихся с букв `r`, `i` и `v`.

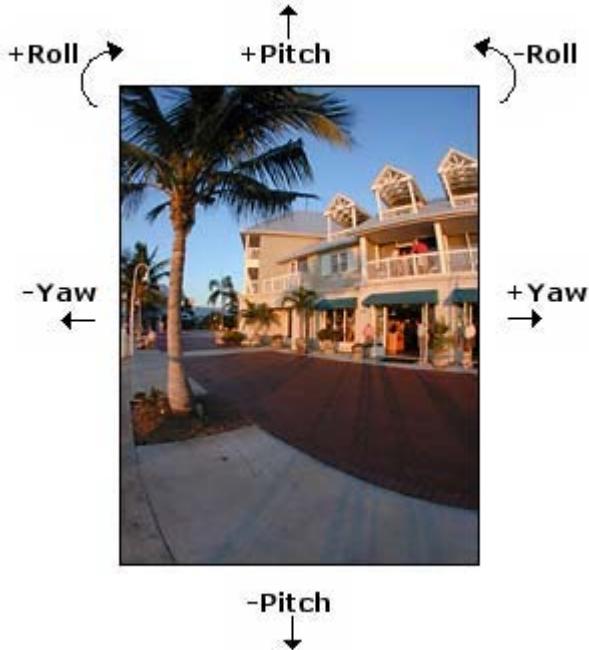
Первая строка (`p`) содержит информацию о результирующей панораме:

`f2` означает, что панорама должна быть в эквидистантной проекции (`f0` используется для прямоугольной проекции, `f1` - для цилиндрической);
`w` и `h` - ширина и высота (в пикселях) будущей панорамы соответственно;
`v360` указывает на то, что это полная круговая панорама шириной 360?;
`u10` - ширина 'пера', которым обработаны края масок;
`n"PSD_mask"` означает, что результирующее панорамное изображение будет представлять собой файл Фотошопа с маскированными слоями.

Следующие 5 строк (`i`) описывают свойства исходных снимков:

`f3` говорит о том, что снимки сделаны с использованием диагонального объектива fish-eye (`f0` - прямоугольный объектив, `f1` - снимки сделаны панорамным с поворотным объективом, `f2` - круговой fish-eye, `f4` - исходные снимки сделаны в эквидистантной проекции);

`w` и `h` - ширина и высота (в пикселях) исходных снимков;
`y` (`yaw`), `p` (`pitch`), `r` (`roll`) - углы поворота аппарата в горизонтальной и двух вертикальных плоскостях (т.н. эйлеровы углы), соответствующие, если следовать авиационной терминологии, углам рысканья (курса), тангажа и крена; здесь исходные приблизительные значения этих углов для каждого снимка:



`v` - приблизительное значение горизонтального поля зрения объектива (в нашем случае 90?);

`a`, `b` и `c` - коэффициенты полинома 3-й степени, аппроксимирующего кривую радиального смещения;

`n""` содержит имена файлов исходных снимков.

И, наконец, последняя строка (v). Она содержит наименования параметров, которые должны будут уточнены в результате последующего процесса оптимизации. К ним относятся: поле зрения объектива v (одинаково для всех снимков), коэффициенты a, b и c (также постоянны от снимка к снимку), углы у, р и г для всех исходных снимков, кроме 1-го (принимается за начало координат).

Для получения информации о контрольных точках воспользуемся утилитой :

<http://www.smartr.easynet.be/controlpoints/>

Откроем созданный нами текстовый файл-скрипт и загрузим первую пару снимков n0-n1. Начнем расставлять контрольные точки, пользуясь приведенной выше рекомендацией:



Поочередно загрузим все пары снимков вплоть до n4-n0, расставляя для каждой пары контрольные точки по той же методике. Определив последнюю контрольную точку, откроем наш скрипт (предварительно его сохранив):

p f2 w3000 h1000 v360 u10 n"PSD_mask"

```
i f3 w768 h1024 y0 p0 r0 v90 a0.01 b0.01 c0.01 n"n0.jpg"  
i f3 w768 h1024 y72 p1 r1 v=0 a=0 b=0 c=0 n"n1.jpg"  
i f3 w768 h1024 y144 p2 r2 v=0 a=0 b=0 c=0 n"n2.jpg"  
i f3 w768 h1024 y-144 p3 r3 v=0 a=0 b=0 c=0 n"n3.jpg"  
i f3 w768 h1024 y-72 p4 r4 v=0 a=0 b=0 c=0 n"n4.jpg"
```

v v0 a0 b0 c0 y1 p1 r1 y2 p2 r2 y3 p3 r3 y4 p4 r4

c n0 N1 x683 y431 X97 Y423 t0

```
c n0 N1 x757 y526 X164 Y519 t0
c n0 N1 x595 y672 X23 Y671 t0
c n1 N2 x571 y175 X99 Y151 t0
c n1 N2 x709 y140 X246 Y165 t0
c n1 N2 x712 y433 X131 Y428 t0
c n1 N2 x702 y609 X121 Y599 t0
c n2 N3 x645 y726 X90 Y719 t0
c n2 N3 x638 y478 X49 Y468 t0
c n2 N3 x552 y282 X18 Y251 t0
c n3 N4 x712 y556 X125 Y549 t0
c n3 N4 x666 y626 X88 Y619 t0
c n3 N4 x620 y993 X237 Y965 t0
c n4 N0 x574 y987 X203 Y976 t0
c n4 N0 x703 y578 X134 Y569 t0
```

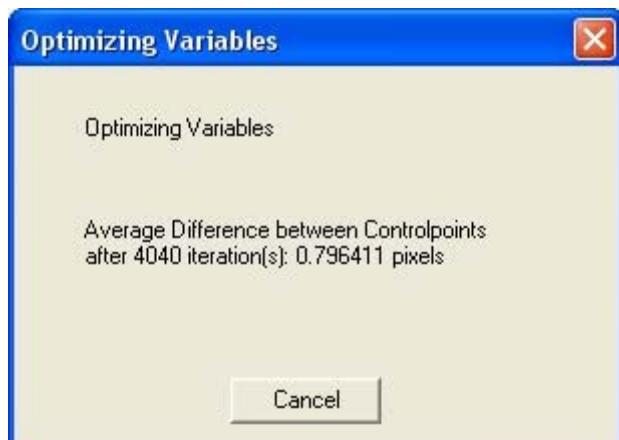
Мы видим, что наш 'пустой' скрипт заполнился строками 'с', каждая из которых содержит координаты контрольных точек. В целях экономии размеров скрипта мы ограничили их количество. На деле же таких точек должно быть больше и расставлены они должны быть по возможности по всему общему полю смежных изображений.

Выглядит пока это все немного сложно и не совсем понятно. Обещаем, что дальше будет еще сложнее, но результат окупит все трудности.

Здесь мы прервемся и продолжим описание PanoTools во 2-й части этой статьи.

Пакет программ PanoTools - II

Теперь, когда у нас есть полностью сформированный скрипт, можно перейти к оптимизации, то есть к получению уточненных данных о горизонтальном поле зрения объектива (v), параметрах (a, b, c), характеризующих радиальное смещение, и углах (y, p, r). Это можно выполнить двумя путями. Первый из них реализуется с помощью графического редактора (Фотошопа) и плагина Adjust. С этой целью в Фотошопе открывается новый файл (пустой) и вызывается фильтр Adjust. В меню фильтра отмечаются поля Use Script и Run Optimizer, затем, после нажатия кнопки Browse, ищется сформированный вами скрипт. Теперь можно нажимать кнопку OK. На экране появляется окно под названием Optimizing Variables и текстом 'Среднее расстояние между контрольными точками после....'. Далее идут быстро меняющиеся значения числа итераций и самого расстояния в пикселях.



Процесс занимает от нескольких секунд до минуты. После окончания процесса в заданном вами по умолчанию текстовом редакторе (Notepad и т.п.) открывается существенно пополненный скрипт. Второй путь - это 'перетаскивание' иконки, обозначающей файл с исходным скриптом, в иконку программы PTOptimizer. Разница заключается в том, что скрипт автоматически не откроется и это придется сделать вручную. (Скрипт приведен в сокращенном виде.)

```
p f2 w3000 h1000 v360 u10 n"PSD_mask"

i f3 w768 h1024 y0 p0 r0 v90 a0.01 b0.01 c0.01 n"n0.jpg"
i f3 w768 h1024 y72 p1 r1 v=0 a=0 b=0 c=0 n"n1.jpg"
i f3 w768 h1024 y144 p2 r2 v=0 a=0 b=0 c=0 n"n2.jpg"
i f3 w768 h1024 y-144 p3 r3 v=0 a=0 b=0 c=0 n"n3.jpg"
i f3 w768 h1024 y-72 p4 r4 v=0 a=0 b=0 c=0 n"n4.jpg"

v v0 a0 b0 c0 y1 p1 r1 y2 p2 r2 y3 p3 r3 y4 p4 r4

c n0 N1 x683 y431 X97 Y423 t0
c n0 N1 x757 y526 X164 Y519 t0
c n0 N1 x595 y672 X23 Y671 t0
c n1 N2 x571 y175 X99 Y151 t0
.....
.....
*
# =====
=====
# Output generated by Panorama Tools

# Warning: Number of Data Points is smaller than Number of Variables to fit.
170012 function evaluations
# number of calls to fcn has reached or exceeded 200*(n+1)

# Panorama description
# p f2 w3000 h1000 v360 n"PSD_mask"

# Parameters for Each Input Image:
# (*) - optimized (p) - preset

# Image No 0:
# Yaw: 0 deg (p) Pitch: 0 deg (p)
# Roll: 0 deg (p) Hfov: 94.9408 deg (*)
# Polynomial Coefficients: a 0.038163 (*); b -0.097626 (*); c 0.051026 (*)
# Horizontal Shift: 0.000000 (p) Vertical Shift: 0.000000 (p)
# 4th polynomial coefficient: 1.00844
# Command for Panorama Creation:
o f3 r0 p0 v94.9408 a0.038163 b-0.097626 c0.051026 u10 -buf

# Image No 1:
# Yaw: 72.8878 deg (*) Pitch: -0.269125 deg (*)
# Roll: -1.29281 deg (*) Hfov: 94.9408 deg (*)
# Polynomial Coefficients: a 0.038163 (*); b -0.097626 (*); c 0.051026 (*)
# Horizontal Shift: 0.000000 (p) Vertical Shift: 0.000000 (p)
# 4th polynomial coefficient: 1.00844
# Command for Panorama Creation:
o f3 r-1.29281 p-0.269125 y72.8878 v94.9408 a0.038163 b-0.097626 c0.051026 u10 +buf
-buf

# Image No 3:
```

```

# Yaw: -142.274 deg (*) Pitch: 1.46563 deg (*)
# Roll: -1.07563 deg (*) Hfov: 94.9408 deg (*)
# Polynomial Coefficients: a 0.038163 (*); b -0.097626 (*); c 0.051026 (*)
# Horizontal Shift: 0.000000 (p) Vertical Shift: 0.000000 (p)
# 4th polynomial coefficient: 1.00844
# Command for Panorama Creation:
o f3 r-1.07563 p1.46563 y-142.274 v94.9408 a0.038163 b-0.097626 c0.051026 u10 +buf
-buf
.....
.....
# =====
# Control Points: Distance between desired and fitted Position (in Pixels)

# Control Point No 0: 0.283525
# Control Point No 1: 0.877102
# Control Point No 2: 1.00687
# Control Point No 3: 0.422522
# Control Point No 4: 0.88593
# Control Point No 5: 0.136403
# Control Point No 6: 0.264454
# Control Point No 7: 0.701406
# Control Point No 8: 1.51058
# Control Point No 9: 1.12872
# Control Point No 10: 0.660178
# Control Point No 11: 0.614276
# Control Point No 12: 0.886014
# Control Point No 13: 0.559441
# Control Point No 14: 0.130153

```

Первое, что мы обнаруживаем в дополненном путем оптимизации скрипте, - это уточненные данные об объективе:

поле зрения = 94.9408?,
коэффициент a = 0.038163,
коэффициент b = -0.097626,
коэффициент с = 0.051026 и
коэффициент d = 1.00844.

Коэффициент d не является самостоятельной величиной, а лишь дополняет сумму трех первых коэффициентов до единицы ($a + b + c + d = 1$).

Кроме того в скрипте появились уточненные углы поворота и наклонов фотоаппарата вместе с объективом для каждого положения, из которого были сделаны все 5 снимков. Причем все эти углы отсчитываются от первого (начального) положения аппарата.

Затем в столбец приведены расстояния между желаемым (теоретически идеальным) положением каждой контрольной точки и тем положением, которое будет достигнуто в реальности после трансформации снимков в соответствии с полученными в результате оптимизации параметрами. Как видно из этого столбца расстояний, максимальное его значение будет равно всего лишь 1,51 пикселя, что составляет 0,05% по отношению к длине панорамы. А это, в свою очередь, означает, что у нас есть все шансы получить почти идеальную панораму (по крайней мере будут практически совпадать контрольные точки смежных снимков). Проблемы начинаются с относительной погрешности в 0,5%, что скорее всего обусловлено неточностью расположения контрольных точек. Несоответствие в 1% и выше говорит о грубой ошибке в контрольных точках или о наличии параллактических погрешностей. Иногда помогает удаление строк, содержащих координаты контрольных точек, соответствующих максимальным значениям расстояний,

с последующей повторной оптимизацией. Однако радикальным образом такую ситуацию можно исправить лишь более тщательной расстановкой контрольных точек.

Даже в том случае, если полученные расстояния вас устраивают, присмотритесь к полученным после оптимизации параметрам объектива и углам поворота и наклона объектива. Так, уточненное поле зрения объектива не должно драматически отличаться от предполагаемого вами значения, модули коэффициентов a , b и c не должны превышать нескольких десятых, углы наклона также должны лежать в разумных пределах. Если это не так, то панорама все же 'сошьется', но ценой весьма значительных и заметных искажений рисунка.

Будучи в прошлом инженером, занимающимся оптимизацией некоторых малопонятных вещей, автор этих строк подозревает, что рассматриваемая нами здесь задача оптимизации в каких-то случаях имеет несколько решений. Поэтому, если вы столкнетесь с ситуацией, описанной выше (ненормальность параметров), попробуйте слегка изменить начальные значения коэффициентов a , b и c .

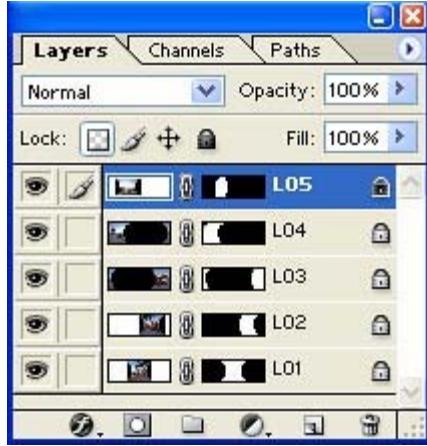
После того, как мы убедились, что все параметры, полученные в результате оптимизации, нас удовлетворяют, осталось только 'сшить' панораму. В рамках пакета PanoTools это можно сделать 2-мя путями (как и в случае оптимизации). Первый путь опять сопряжен с использованием плагина Adjust, который мы, ввиду его некоторой громоздкости, рассматривать здесь не будем. Второй путь весьма прост и дает практически мгновенный результат: 'перетащим' (опять) иконку файла со скриптом в иконку программы PTStitcher. В результате работы программы, которая может занять некоторое ощутимое время, в папке, в которой вы производите все эти операции, появится файл с панорамой в формате PSD. Откроем его.



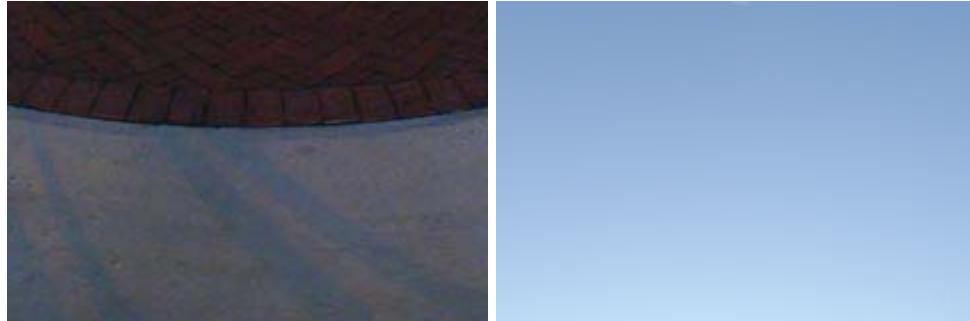
Тщательный осмотр всего поля полученной панорамы не выявил никаких геометрических нестыковок. Есть, правда, небольшой изъян в одной из теней в правой нижней части изображения. Кроме того наблюдаются незначительные резкие тональные переходы на небе.



Попробуем подредактировать полученную панораму, пользуясь тем, что изображение состоит из маскированных слоев, соответствующих каждомуциальному (трансформированному) снимку.



Незначительная модификация одной из масок, использование кистей, ластиков, выделений и размычки по Гауссу позволяет устраниить замеченные погрешности изображения.



Немного огорчает явная засветка вокруг солнца, но это не погрешность сшиванию, а недостаток цифрового фотоаппарата Nikon CoolPix 950, выпущенного еще 1999 г. Осталось слить все слои в плоское изображение, подкорректировать его по вашему вкусу и привычкам (тональность, контрастность) и сохранить в вашем любимом формате (TIFF, BMP, JPG). Конечно 3000 x 1000 пикселей - это не ахти какой размер. Отпечаток не сделаешь, но для размещения в Интернете в виде виртуальной панорамы вполне подходит.

То, что мы с вами проделали, можно было с немного меньшими затратами времени и усилий выполнить с помощью вышеупомянутых интерфейсных программ PTPicker, PTGui (особенно программой Enblend в качестве плагина) и т.д., которые теперь, после некоторых усилий, связанных с работой вручную, вы без труда и с полным пониманием процессов, в них происходящих, освоите.

О некоторых дополнительных возможностях, открываемых пакетом PanoTools, - в следующей статье.

Пакет программ PanoTools - III

После того, как мы убедились в том, что PanoTools позволяет получать весьма неплохие результаты по сшиванию панорамных изображений, возникает вопрос, нельзя ли как-нибудь облегчить свою работу, да и работу самой программы. Вспомним о том, что из всех параметров, которые подвергаются уточнению в процессе оптимизации, 4, по крайней мере теоретически, характеризуют свойства самого объектива и не должны зависеть от условий получения исходных снимков. Речь идет о горизонтальном поле зрения объектива и 3-х параметрах a , b и c , которые по существу являются коэффициентами полинома 3-й степени, аппроксимирующего кривую радиального смещения ('бочки-подушки') для данного конкретного объектива. Таким образом, если бы нам удалось каким-то образом получить значения этих 4-х параметров, то очевидно, что процесс получения панорамных изображений мог бы быть существенно упрощен. По крайней мере количество контрольных точек, расстановка которых является является наиболее трудоемкой процедурой в этом процессе, может стать значительно меньше.

Способ получения указанных выше параметров существует и носит название 'калибровка объектива'. Впервые он был описан австралийцем Peter Murphy в 1999 г:

<http://www.culture.com.au/virtual/tutorials/calib.htm>

Подход оказался плодотворным и был впоследствии неоднократно использован другими фотографами для получения параметров их конкретных объективов и фотоаппаратов.

Мы также воспользуемся этим способом для получения поля зрения и параметров a , b , и c объектива Sigma 8 mm F4 EX в сочетании с цифровым аппаратом Canon Digital Rebel.

Получение искомых параметров осуществляется путем выполнения следующей последовательности действий:

- (а) выбор натуры для получения исходных (калибровочных) снимков,
- (б) само получение калибровочных снимков,
- (в) написание исходного (пустого) скрипта, соответствующего начальным параметрам съемки,
- (г) регистрация контрольных точек и
- (д) оптимизация искомых параметров.

Натура для решения задачи калибровки должна содержать объект (или объекты) с большим количеством потенциальных контрольных точек, таких как здание с множеством окон или стелаж с книгами. Для получения снимков необходимо использовать устойчивый штатив с панорамной головкой, пригодной для закрепления данного фотоаппарата. В нашем случае мы воспользуемся комбинацией, состоящей из штатива Manfrotto 3205, 3D головки Manfrotto 3025 в качестве горизонтирующей площадки и панорамной рамки Kaidan KiWi 900/950, к которой неожиданно удачно подошел цифровой Canon. Воспользуемся трещеткой на 18 положений, что даст нам возможность поворачивать аппарат с дискретностью в 20°. После тщательного нивелирования панорамной рамки с помощью 3D головки и установленных на рамке уровней и нивелирования самого аппарата в рамке с помощью установленного в 'горячий башмак' призматического уровня сделаем 3 последовательных снимка выбранной нами натуры (стелаж с книгами), поворачивая аппарата каждый раз на 2 положения трещетки, т.е. на 40°. Как мы уже знаем из статьи 'Объективы fish-eye' кружок изображения, создаваемый 8 мм объективом Sigma на матрице аппарата Canon Digital Rebel, выходит за границы матрицы по ее короткой стороне и полностью вписывается в контур матрицы по ее длинной стороне. Поэтому для получения искомых параметров эталонные снимки необходимо получать при портретной ориентации объектива. После форматирования снимков до границ кружка изображения (2048 x 3012 пикселей) увеличим размер холста

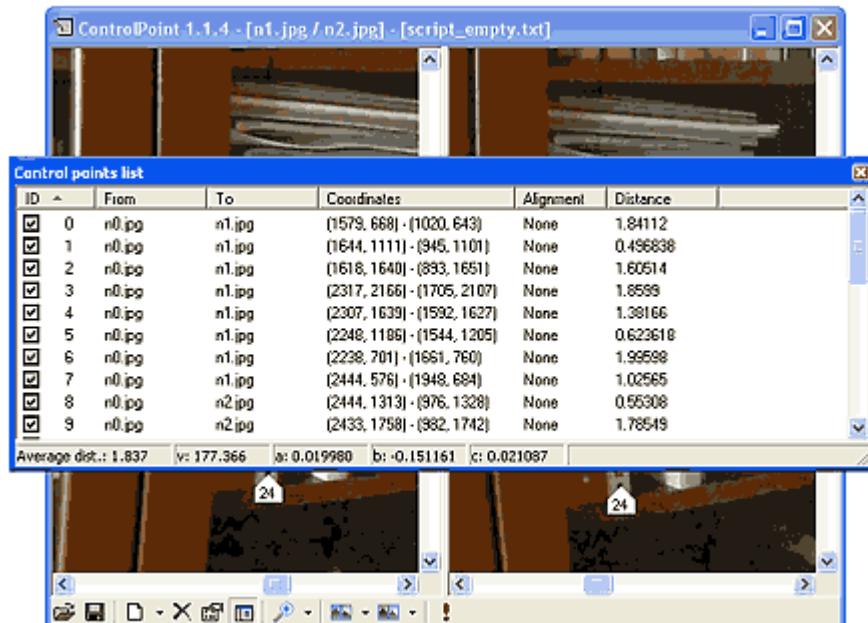
каждого снимка до 3012 x 3012 пикселей. Эта операция позволяет смоделировать кадр, содержащий в себе полный кружок изображения, создаваемого круговым fish-eye'ем.



Пустой файл для решения нашей задачи будет выглядеть следующим образом:

```
p f2 w4200 h3000 v260 u10 n"PSD_mask"  
  
i f2 w3012 h3012 y0 p0 r0 v180 a0.01 b0.01 c0.01 n"n0.jpg"  
i f2 w3012 h3012 y40 p1 r1 v=0 a=0 b=0 c=0 n"n1.jpg"  
i f2 w3012 h3012 y80 p2 r2 v=0 a=0 b=0 c=0 n"n2.jpg"  
  
v v0 a0 b0 c0 y1 p1 r1 y2 p2 r2
```

Обратимся к уже проверенной нами программе ControlPoint и приступим к расстановке контрольных точек. Делать это надо предельно тщательно, стараясь выбирать точки по всему (видимому) полю изображений. Причем помимо пар смежных снимков в рассмотрение необходимо включить и пару n0-n2. После того, как контрольные точки расставлены, можно непосредственно из программы ControlPoint, нажав кнопку '!' на нижней панели программы, инициировать инициализацию процесса оптимизации. Затем вызовите список контрольных точек и полученных в результате оптимизации параметров.



Просмотрите его и, если в нет явных отклонений от нормы (в первую очередь в самих оптимизируемых параметрах, а затем в расстояниях между ожидаемыми и реальными положениями контрольных точек), поздравьте себя с успехом. Желательно проделать этот эксперимент несколько раз со сменой натуры, углов поворота аппарата и т.п. В нашем случае было проделано 6 сеансов получения калибровочных снимков и оптимизации параметров, которые сведены в таблицу ниже.

	FOV	a	b	c	d
1	179.480	0.003944	-0.142687	0.014522	1.124220
2	177.680	0.048859	-0.198511	0.037922	1.111730
3	178.797	0.001066	-0.139658	0.022212	1.116380
4	179.006	-0.029084	-0.092818	0.001053	1.120849
5	177.017	0.017708	-0.142101	0.014587	1.109806
6	177.366	0.019980	-0.151161	0.021087	1.110094
<hr/>					
avg	178.224	0.010412	-0.144489	0.018564	1.115513

Попробуем проанализировать полученные результаты. В первую очередь отметим их консистентность. Так, весьма мало отличаются друг от друга значения всех 6-ти значений поля зрения объектива. Небольшие их отклонения от ожидаемых 180° по всей видимости обусловлены неточностью форматирования исходных снимков. Значения параметров a и c лежат в пределах нескольких сотых, что вполне согласуется с данными других авторов. Параметр b, который представляет наибольший интерес в силу своего значительного влияния на характер кривой, характеризующий радиальное смещение (отрицательное b ведет к бочкообразным искажениям, положительное b - к подушкообразным), также достаточно стабилен во всей серии нашего эксперимента. Все это говорит о том, что в качестве постоянных параметров для нашей пары фотоаппарат-объектив можно принять их средние значения, полученные по 6-ти проведенным нами сеансам съемки-оптимизации:

поле зрения = 178.224°,
коэффициент a = 0.010412,
коэффициент b = -0.144489,
коэффициент c = 0.018564 и
коэффициент d = 1.115513.

Теперь возникает вопрос, а что делать с полученными оптимальными параметрами, как их использовать на практике? Существуют по крайней мере 2 способа применения этих параметров.

Первый из них заключается в том, что они включаются в 'пустой' скрипт, составляемый вами для получения панорамы. Причем в качестве искомых параметров остаются лишь углы u, r и g. В качестве примера попробуем сшить 3 снимка, полученных нами для калибровки объектива:

p f2 w4200 h3000 v260 u10 n"PSD_mask"

i f2 w3012 h3012 y0 p0 r0 v178.224 a0.010412 b-0.144489 c0.018564 n"n0.jpg"
 i f2 w3012 h3012 y40 p1 r1 v=0 a=0 b=0 c=0 n"n1.jpg"
 i f2 w3012 h3012 y80 p2 r2 v=0 a=0 b=0 c=0 n"n2.jpg"

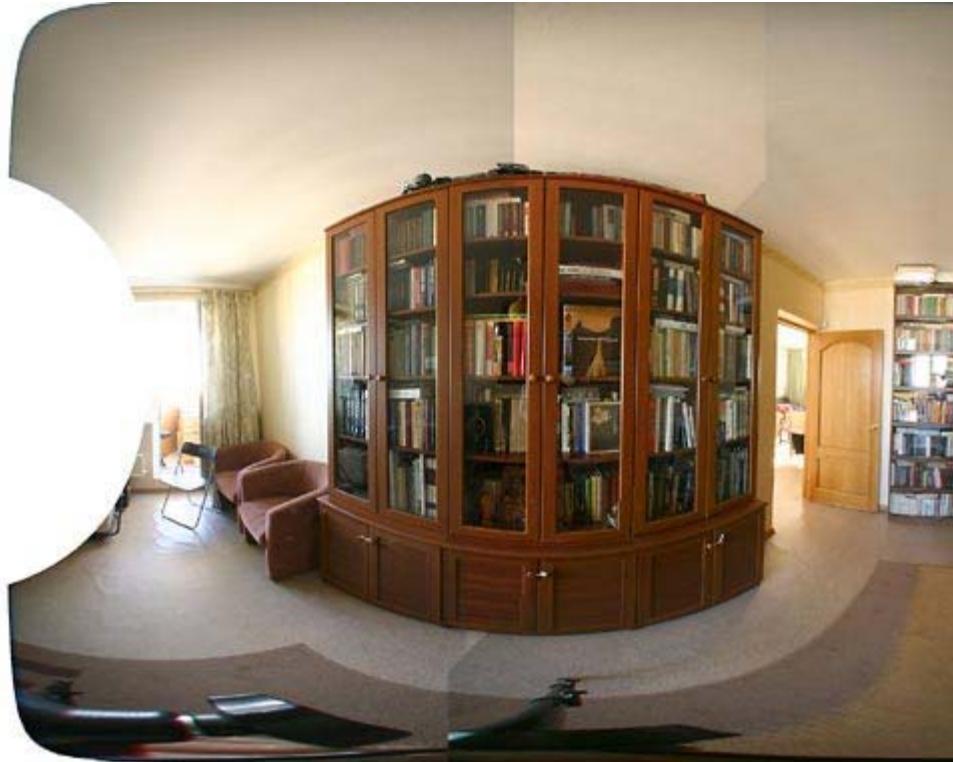
v y1 p1 r1 y2 p2 r2

Важным преимуществом при таком подходе является то, что количество контрольных точек можно сократить до 2-х на каждую пару смежных снимков. Извлечение из оптимизированного скрипта с расстояниями между положениями контрольных точек приведено ниже.

```
# =====
# Control Points: Distance between desired and fitted Position (in Pixels)

# Control Point No 0: 1.4356
# Control Point No 1: 1.43753
# Control Point No 2: 0.64574
# Control Point No 3: 0.644996
```

Как видите эти расстояния в нашем примере составляют весьма незначительные величины. Использование полученного скрипта для сшивания панорамы также дало (коррекция тональностей не производилась) с виду неплохой результат:



При более тщательном просмотре в правой верхней части панорамы и в нижней ее части обнаружились геометрические нестыковки смежных изображений, характеризуемые величинами примерно в полтора-два пикселя, т.е. около 0,04-0,05%.

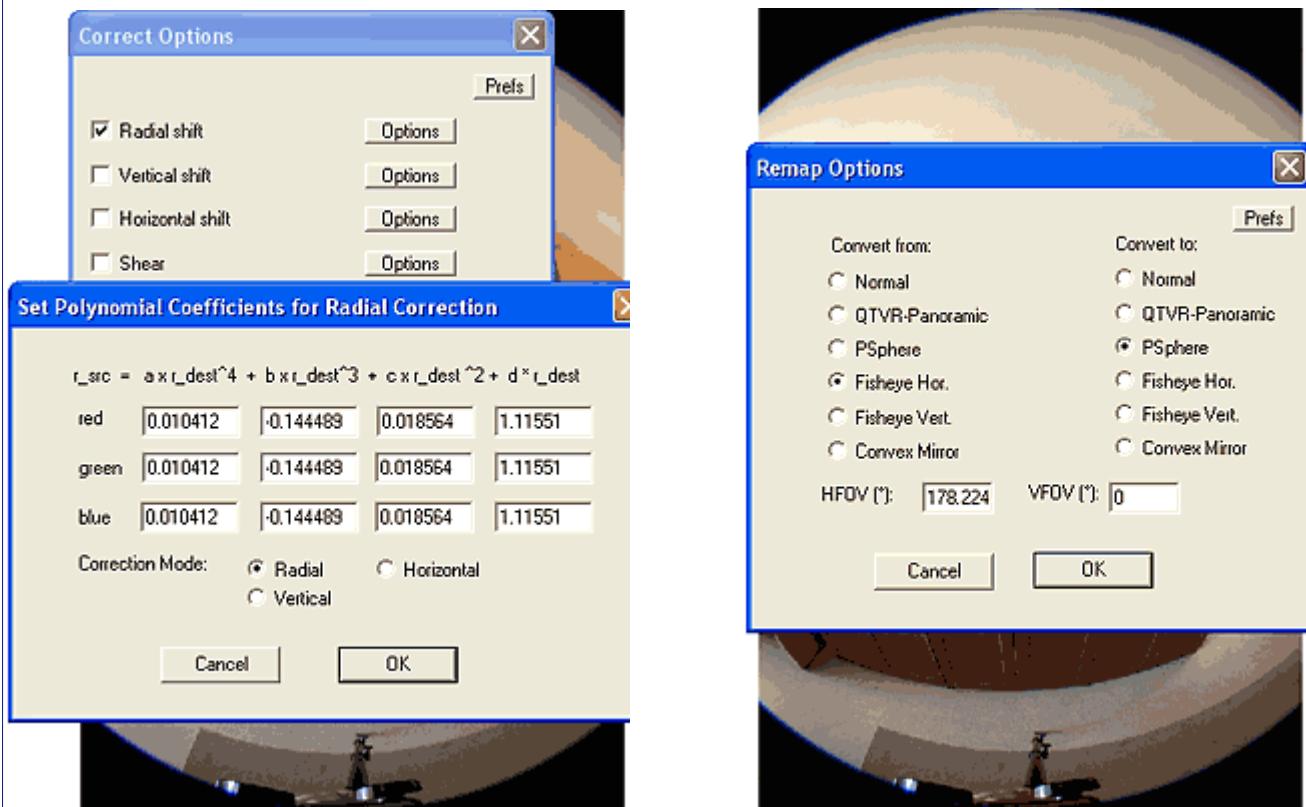


Таким образом получено практическое подтверждение правильности использованного нами подхода.

Второй способ больше предназначен для тех, кому не по душе постоянная расстановка (даже 2-х) контрольных точек, работа с масками и ручная тональная коррекция автор этого сайта относит и себя). Способ заключается в том, что вы продолжаете пользоваться привычной для вас программой (или программами) автоматического сшивания панорам, но делаете это после предварительной корректировки исходных изображений с помощью плагинов, входящих в состав Panorama Tools, и полученных результате калибровки параметрами объектива.

в

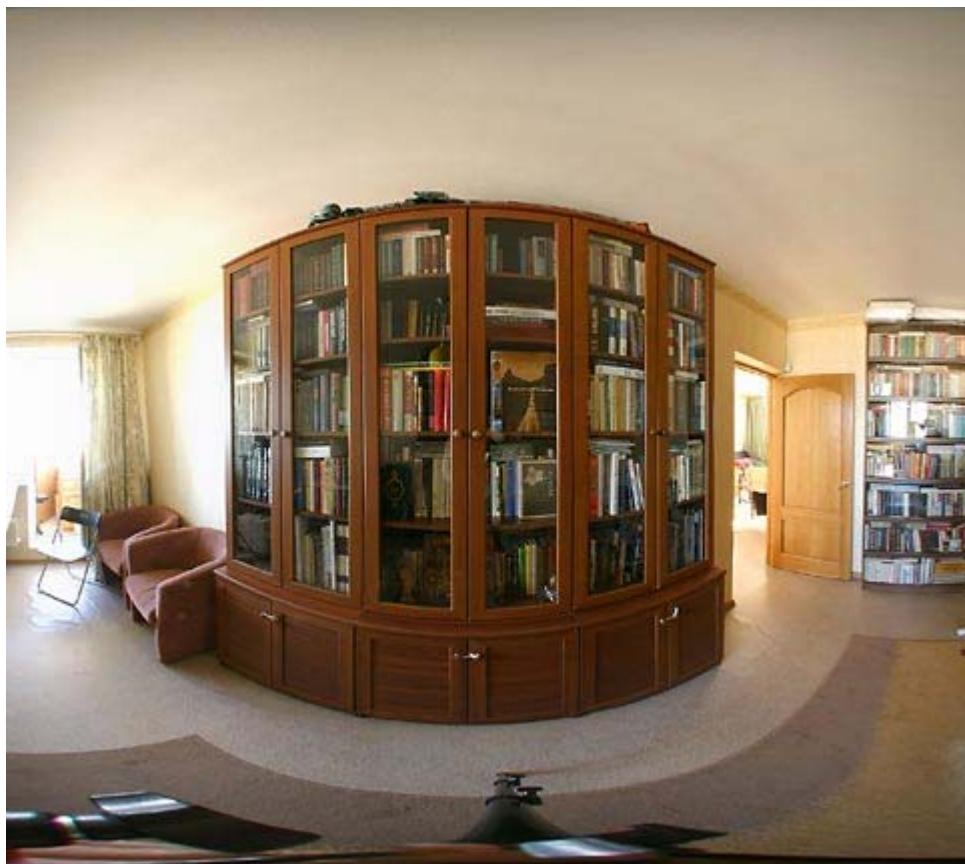
Поясним эту процедуру на примере уже рассмотренных нами снимков. Пропустим снимки последовательно через фильтр-плагин Correct > Radial Shift, а затем через эти Remap, отметив в левой части столбца Fisheye hor., а в правой - PSphere:



Результатом работы плагинов будут следующие 3 скорректированных снимка в эквидистантной проекции:



Сформатируем их с целью удаления образовавшихся в результате перепроектирования белых 'ушей' по бокам каждого снимка. Теперь они готовы к сшиванию. Для получения панорамы воспользуемся программой PhotoVista. Заметим (и это важно), что режим коррекции перспективных искажений должен быть отменен (Disable warping). После тщательного изучения полученной панорамы с целью выявления геометрических погрешностей (нестыковок, фантомов и т.п.) с удовлетворением отметим, что результат может считаться более чем превосходным.



Кроме того программа прекрасно справилась с тональными несоответствиями снимков, на устранение которых в случае ручной корректировки ушла бы масса времени.

Заметим, что подобным же образом можно получить полную круговую панораму.

Подготовку снимков (Correct + Remap) для их использования с программой автоматического сшивания можно, также, в один шаг осуществить с помощью плагина Adjust. Но мы думаем, что читатель вполне сможет проделать это самостоятельно.