

Исправление хроматических абераций

Это небольшой урок по определению коэффициентов коррекции поперечной хроматической аберации (ТСА, transverse chromatic aberration), используемых в fulla (программе из поставки hugin, предназначенной для исправления искажений в изображениях, ТСА и виньетирования) или модуле коррекции из Panotools. В противовес прочим подходам (Krause, PTShift), этот подход основан на использовании исключительно свободного ПО (hugin и octave). Он основан на автоматическом создании многих контрольных точек между цветовыми каналами и использовании их в PTOptimizer (или другом приложении), которое автоматически рассчитывает параметры радиальной коррекции.

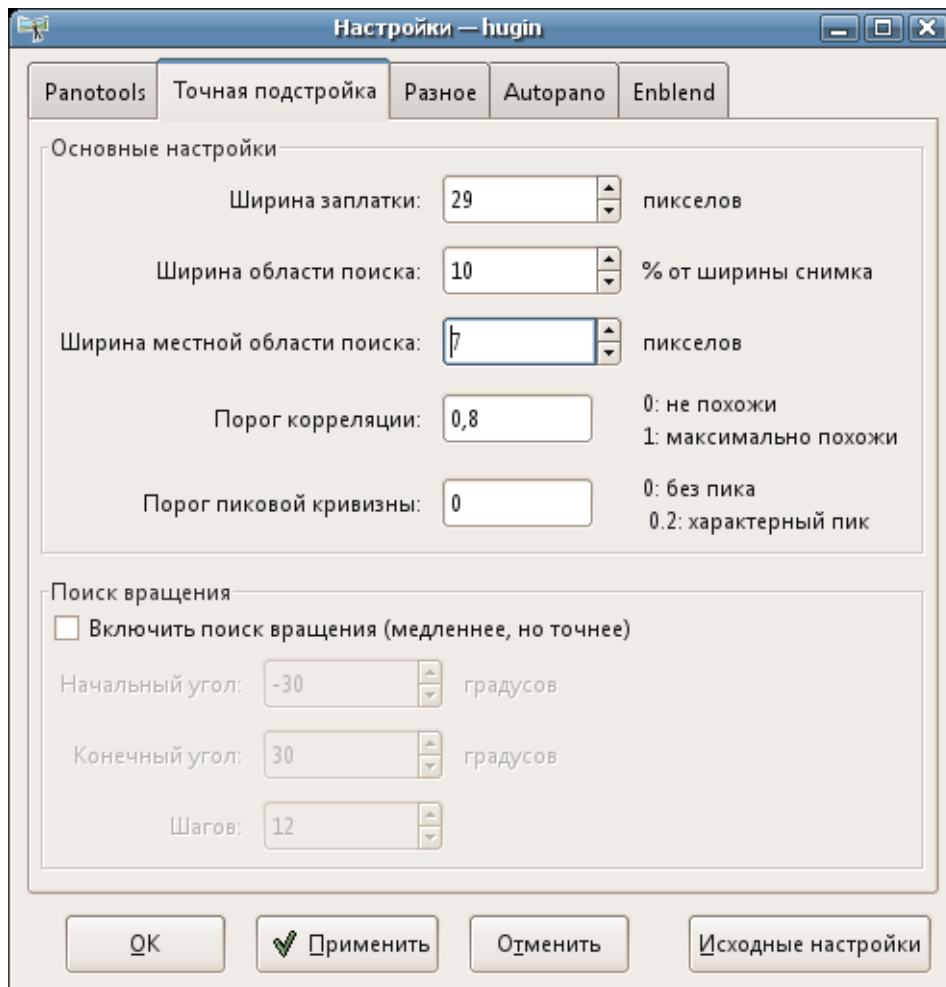
Наш подход схож с подходом Эрика Краузе (Erik Krause), предложенным ранее, который, по его словам, сработал не очень хорошо. Вероятно, либо контрольные точки были недостаточно хороши, либо изображение было слишком цветастым.

Подробную информация о ТСА и её коррекции с использованием panotools можно получить [здесь](#):

- Хороший [вводный материал Пола ван Вальри \(Paul van Walree\)](#)
- [PTShift](#), расширение для Photoshop, определяющее коэффициенты коррекции ТСА. Это альтернатива нашему подходу. При наличии Photoshop это первый метод, который стоит опробовать.
- [Урок Эрика Краузе](#), в котором объясняется, как вычислить коэффициенты коррекции ТСА при помощи Picture Window Pro и Excel

Оценка параметров радиальной коррекции с помощью hugin

1. Используйте RAW или TIFF; попытка скорректировать хроматическую аберацию в JPEG — колоссальная потеря времени. По возможности избегайте ретуши очень цветастых изображений. Постарайтесь не переэкспонировать фотографии.
2. Разделите изображения на отдельные файлы, каждый из которых содержит только красный, зелёный и синий каналы. Это можно сделать при помощи фильтра «Разобрать» в GIMP или с помощью ImageMagick.
3. Загрузите их в hugin в следующем порядке: красный, зелёный, синий.
4. Назначьте каждому изображению свой «объектив». Выберите равнопрямоугольную проекцию и установите для HFOV значение 10.
5. Перейдите на вкладку «Сшиватель». Укажите тип панорамы «равнопрямоугольный» и HFOV, равное 10. Нажмите кнопку «Рассчитать оптимальный размер».
6. Перейдите на вкладку «Контрольные точки». Используйте клавишу 'g' для создания множества контрольных точек между зелёно-синей и зелёно-красной парами изображений. Порог определения углов со значением 50 и масштаб 2 должны дать много полезных точек по углам изображения.
7. Откройте диалог настроек программы и выставьте параметры точной подстройки согласно приведённой ниже иллюстрации:



Точно подстройте все контрольные точки (*Правка*→*Точно подстроить все точки*) и удалите все точки с корреляцией меньше 98%. Проще всего сделать это из списка контрольных точек. К сожалению, hugin довольно медлителен при ручном выборе большого количества точек. Пользователи версии hugin, вышедшей позднее 10 марта 2006, а также версии 0.6 и выше, могут использовать функцию «выбор по расстоянию» и ввести значение **-0.98** для выбора всех точек с корреляцией ниже 0.98.

8. Оптимизируйте **FoV** и **c** для красного и синего изображений. Этим двум параметрам достаточно для большинства объективов. Так или иначе, некоторым объективам свойственны более сложные хроматические aberrации, в результате чего необходимо дополнительно задавать параметры **a** и **b**. К таким объективам относится, например, 8мм объектив «Пеленг» класса «рыбий глаз».
9. Удалите все ошибочные контрольные точки и переоптимизируйте сшивку (кнопка «Заново оптимизировать сшивку» на панели инструментов).
10. Теперь у вас должно быть несколько сотен контрольных точек с средней ошибкой в 0,2 пиксела. Если нет, вернитесь к пункту 8 и повторите действия. Для проверки совпадения изображений можно использовать функцию предпросмотра со способом совмещения «Разница». Несоответствия вызваны либо переполнением параметров коррекции, либо цветом исходного изображения.
11. Сохраните файл **.pto**.

Извлечение параметров коррекции TCA

В fulla и коррекционном расширении PanoTools невозможно напрямую использовать параметры коррекции искажений красного и синего каналов. Поэтому я написал сценарий для octave, который читает файл .pto, отображает корректирующие кривые и вычисляет

параметры для `fulla`.

Этот сценарий также может рассчитать параметры коррекции, основываясь на контрольных точках. Такие параметры возможно даже лучше тех, что рассчитываются программой `PTOptimizer`.

Если у вас нет доступа к `octave`, то вот формулы и калькулятор на JavaScript:

```
scale = hfov_green / hfov_red
d_pt = 1 - a_pt - b_pt - c_pt
a = a_pt * scale^4
b = b_pt * scale^3
c = c_pt * scale^2
d = d_pt * scale
```

Используйте те же вычисления для синего канала. Значения a_{pt} , b_{pt} , c_{pt} являются параметрами коррекции искажений для `hugin`.

[Калькулятор](#) использует вывод `PTOptimizer` для создания командной строки к `fulla`.

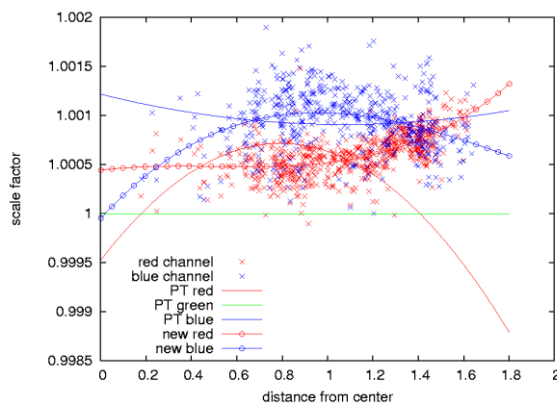
Если результаты устраивают, причин использовать более сложный вариант с `octave` нет (ну разве что любопытства ради :-)).

Скачайте файл [show_tca.m](#) и поместите его в тот же каталог, где находится ваш файл `.pto`. Для исполнения этого сценария в системе должны быть установлены `octave` и `octave-forge`. Я не пробовал использовать его в `MATLAB`, но думаю, что после несущественных изменений он будет вполне пригоден для использования и в этом пакете для вычислений.

Откройте `octave` и введите:

```
octave:2> show_tca('pano_tutorial.pto');
```

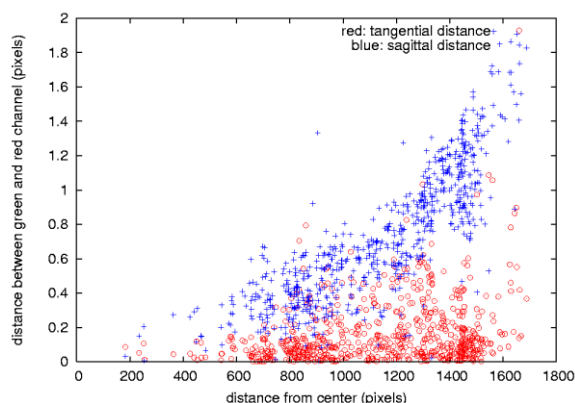
Это даст вам два графика:



Первый, приведённый выше, показывает коэффициенты масштаба, необходимые для коррекции ТСА в красном и синем каналах на расстоянии от центра изображения. Каждая точка на графике соответствует контрольной точке.

Красная и синяя линии — корректирующие кривые, вычисления при помощи `PTOptimizer`. Корректирующая кривая также рассчитывается `show_tca` и отображается линией с точками. Корректирующие кривые должны приходиться примерно через центр облака точек.

В моём случае значения, рассчитанные `show_tca`, выглядят лучше, поскольку зависят только от разницы в расстоянии до центра (сагиттальное расстояние) точек. `PTOptimizer` сводит до минимума тангенциальное и сагиттальное расстояние между точками. Тем не менее, тангенциальное расстояние в таком случае выходит за рамки интересов коррекции ТСА и вызвано ограниченной аккуратностью функции точной подстройки, особенно близко к краю снимков, сделанный с `fish-eye`-объективом.



Этот график показывает тангенциальное и сагиттальное расстояние между контрольными точками красного и зелёного каналов. Несложно заметить существенное тангенциальное расстояние (особенно с большим радиусом), что приводит к получению неоптимальных коэффициентов коррекции при использовании PTOptimizer.

Расчитанные параметры коррекции выводятся на консоль:

параметры коррекции, считанные из файла pto:

```
-r 0.0000000:-0.0019056:0.0030218:0.9995177
```

```
-b 0.0000000:0.0003038:-0.0006342:1.0012401
```

новый вариант на основе расстояния до центра снимка:

```
-r 0.0001368:0.0002725:-0.0006605:1.0007630
```

```
-b 0.0011642:-0.0046154:0.0055706:0.9989218
```

Выберите набор параметров, которые выглядят лучше всего на графике сверху. Подозреваю, что второй набор как правило предпочтительнее.

Параметры коррекции должны быть пригодными для использования при обработке снимков, сделанных одним и тем же объективом на одном и том же фокусном расстоянии.

Коэффициенты коррекции могут различаться (несущественно?) по фокусу, а может даже и по диафрагме (но, скорее всего, в существенно меньшей степени).

Коррекция ТСА

Расчитанные коэффициенты коррекции ТСА можно использовать в fulla или расширении PanoTools для коррекции.

Коррекция ТСА при помощи fulla:

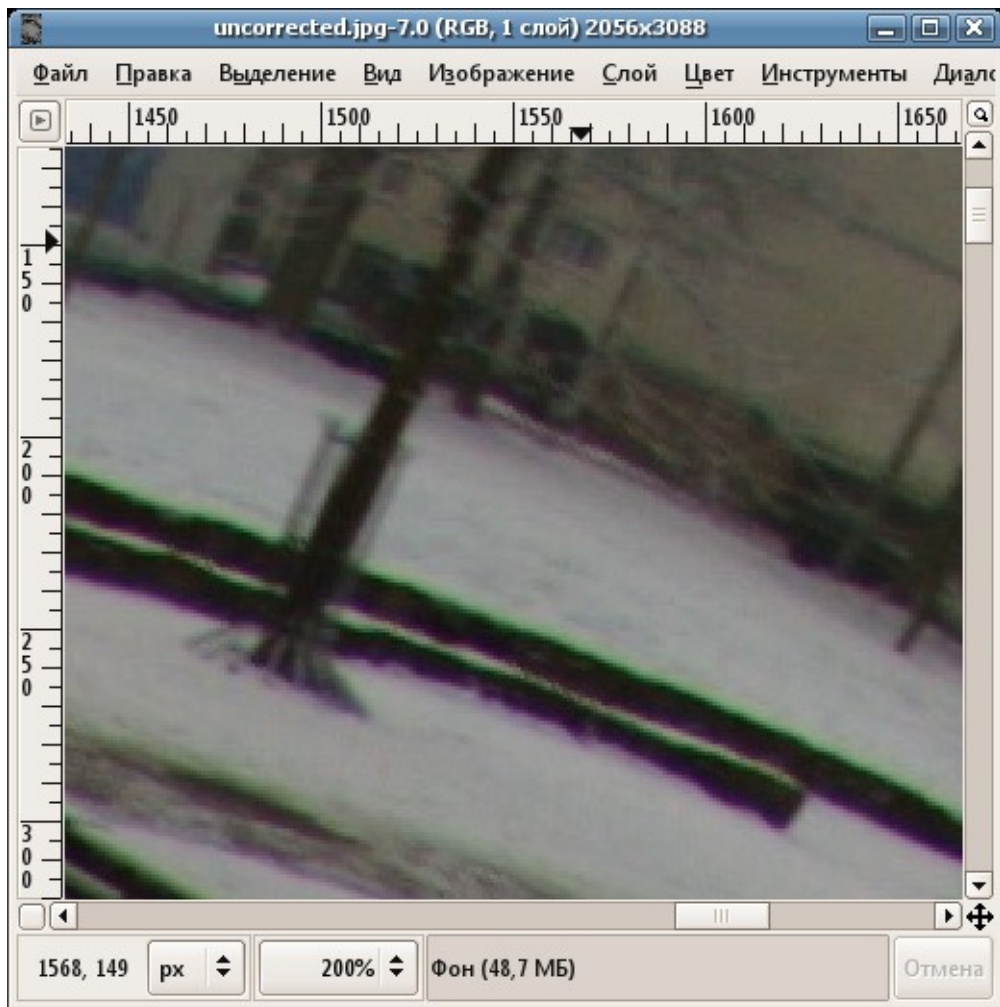
```
fulla -r 0.0001368:0.0002725:-0.0006605:1.0007630 \  
      -b 0.0011642:-0.0046154:0.0055706:0.9989218 \  
      input.tif
```

Эту операцию можно провести вместе с другими параметрами коррекции в fulla, например, коррекции искажений на основе базы данных PTLens database (ключ **-p**) или коррекции виньетирования.

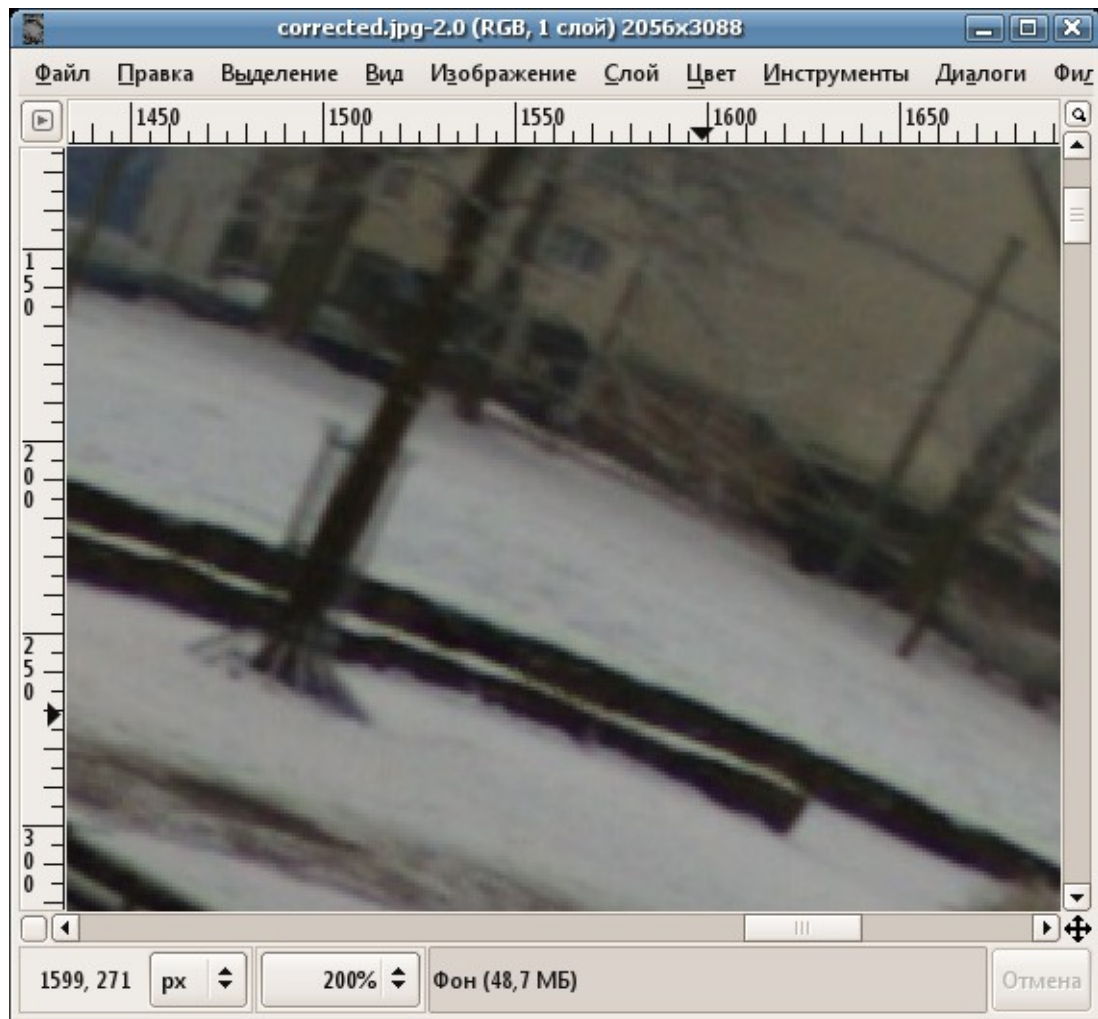
Результаты

Вот результаты коррекции снимка, сделанного Canon 300D с 8мм объективом Пеленг типа «рыбий глаз».

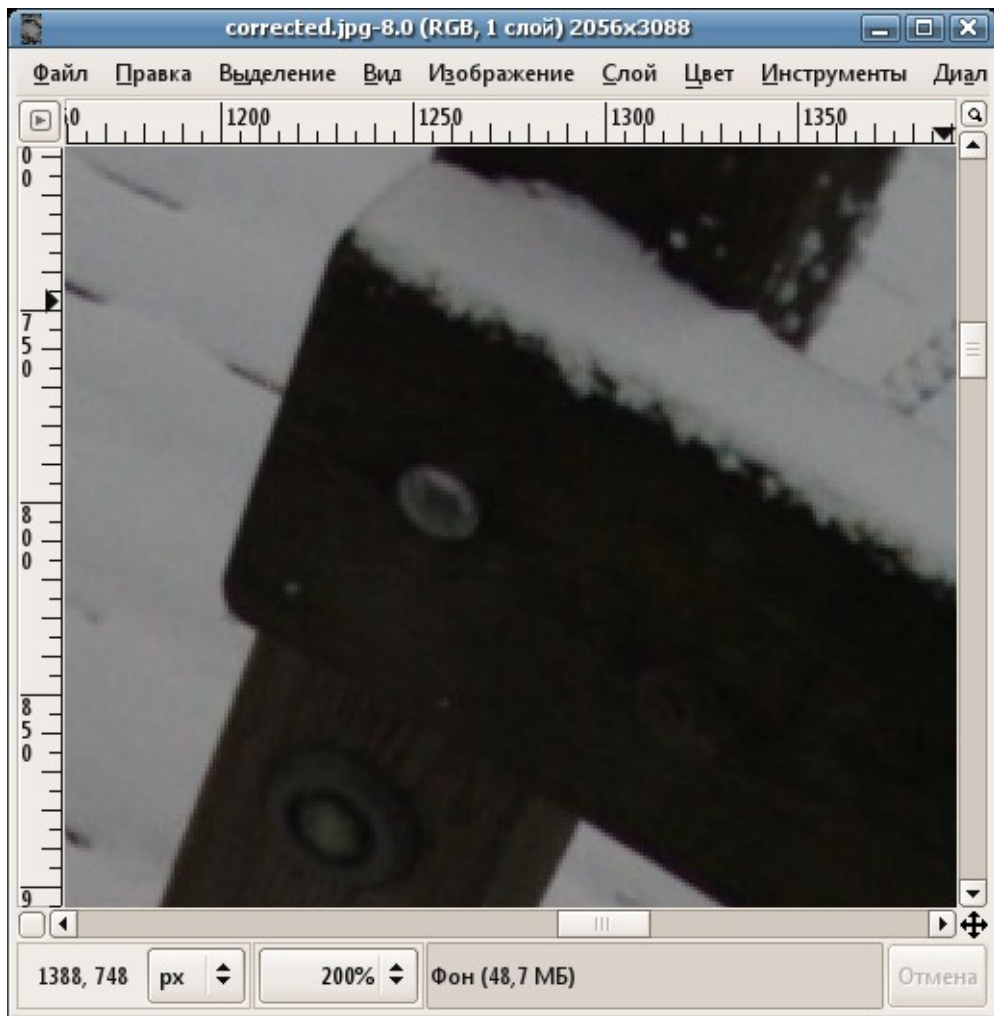
Ближе к углу снимка. до обработки:



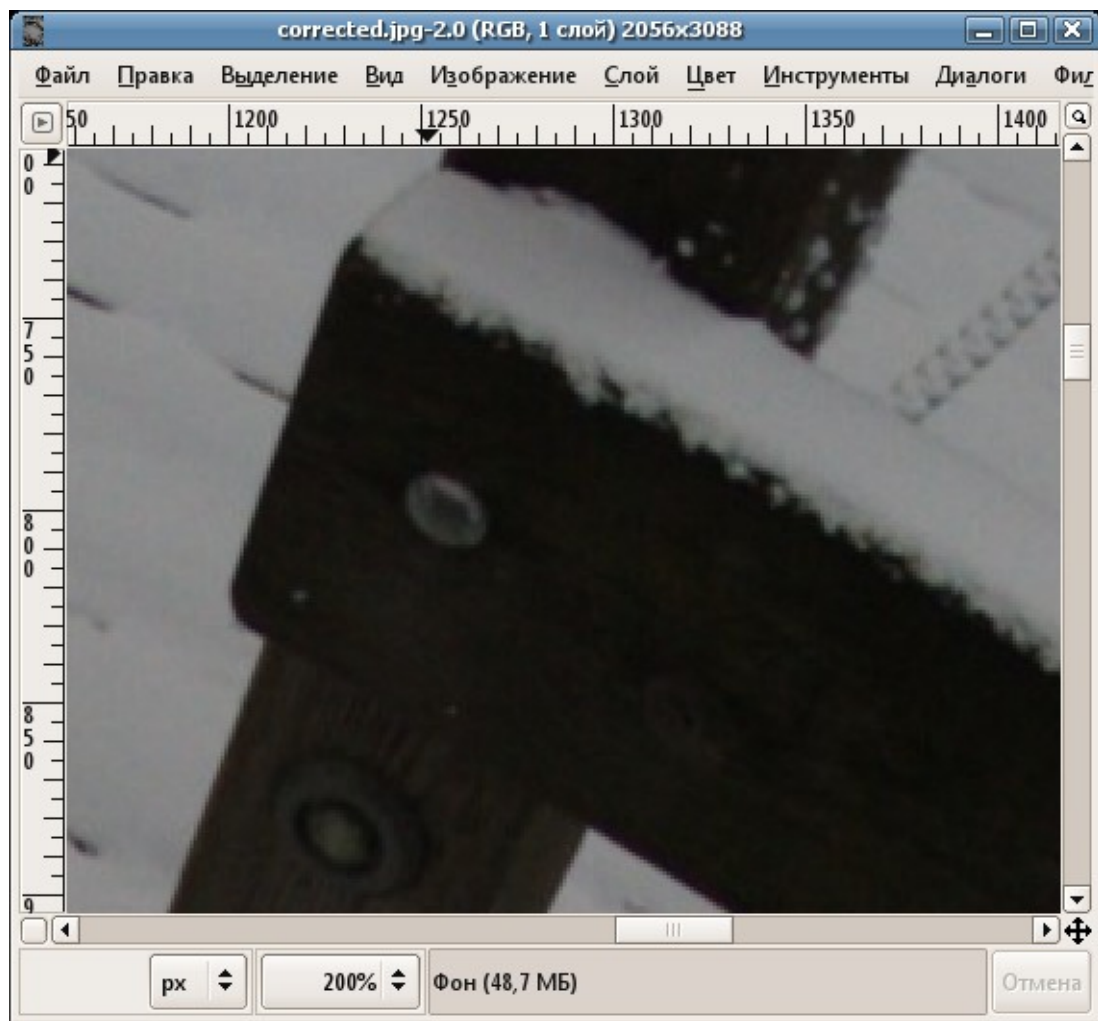
Там же после обработки:



Похоже, что цвет скорректирован верно. Теперь сравним изображение ближе к центру снимка до обработки...



... и после обработки:



Здесь ТСА ещё заметны, но качество уже приемлемо.

А вот полноразмерные снимки: [оригинал](#), [скорректированная версия](#)

Авторы: [Pablo d'Angelo](#) и [Bruno Postle](#), март 2006

Перевод: [Александр Прокудин](#), май 2006

Примечание переводчика

Замечено, что сценарий для octave работает не везде.

При переводе статьи выявились недостатки в переводе интерфейса hugin. Желающие могут [скачать](#) обновлённый файл перевода, работающий с версией программы из CVS от 10 апреля 2006 года. Самая новая версия в CVS начиная с 7 мая 2006 требует PanoTools версии 2.8.1 и выше. Жалобы на ошибки в переводе с благодарностью принимаются.