УДК 902/904

Методы работы с плохо различимыми цветными изображениями

А. К. Солодейников

ГБУ РБ ИКМЗ «Шульган-Таш»
Уфа, Россия

Аннотация

В практике изучения наскального искусства в последние два десятка лет широко применяются два метода работы с плохо сохранившимися изображениями охрой: метод пигментных карт и программный продукт DStretch. Первый из них был предложен автором в начале 2000-х годов и используется в основном отечественными специалистами, второй представляет собой некоммерческий программный продукт, разработанный в середине 2000-х, и больше распространен в западной исследовательской среде. В статье приводится подробное описание этих современных методов выявления плохо сохранившихся наскальных изображений, в том числе выполненных охрой. Приводятся основные алгоритмы их использования, а также сравниваются оба упомянутых подхода к выявлению плохо сохранившихся изображений. Отдельно рассматриваются перспективы использования обоих методов для интерпретации многослойных композиций, выполненных разной краской: на основании этих данных в случае применения метода пигментных карт за счет разницы между сигналами в базовых цветовых каналах цветового пространства Lab в некоторых случаях возможно определение стратиграфии изобразительных плоскостей, а также вероятной относительной хронологической неоднородности памятников наскального искусства.

Ключевые слова

наскальное искусство, пигментные карты, DStertch, охра.

Источник финансирования

Работа реализована при поддержке Российского фонда фундаментальных исследований (проект № 20-09-00387).

Для цитирования

Солодейников А. К. Методы работы с плохо различимыми цветными изображениями // Universum Humanitarium. 2020. № 1. С. 214–230
DOI

© А. К. Солодейников, 2020

Methods of Revealing of Painted Rock Art Images

A. K. Solodeynikov

Museum-reserve "Shulgan-Tash cave"
Ufa, Russia

Abstract

The paper is devoted to description of contemporary methods of revealing of faded rock art images, especially made with red ochre. They are the methods of pigment maps and DStretch plugin for ImageJ. The methods are to be compared and the perspectives of the approaches are discussed.

Keywords

rock art, pigment maps, DStertch, ocher.

Funding

This work was supported by the Russian Foundation for Basic Research (project No. 20-09-00387).

For citation

Solodeynikov A. K. Methods of Revealing of Painted Rock Art Images. Universum Humanitarium. 2020. No 1. P. 214–230

DOI

Одной из многочисленных новаций, которые привнесла компьютерная эра в изучение наскального искусства, стала методика выявления плохо различимых изображений.

Сегодня известны два подхода к этой проблеме. Оба метода возникли примерно в одни и те же годы – в первой половине 2000-х. Один предполагает использование распространенных графических пакетов, Adobe Photoshop в первую очередь, и является, так сказать, субъективно направленным – т. е. пользователь должен знать, что он хочет получить. Другой предлагает отдельный программный продукт и позволяет алгоритмически выявлять изображения вне зависимости от видения пользователя. Хотя по сути своей методы более чем похожи и используют схожие механизмы, у каждого из них есть свои особенности, которые мы подробно рассмотрим ниже. Для краткости методом пигментных карт называется методика, предложенная мной [Solodeynikov, 2004], а второй подход, разработанный Джоном Харманом [INORA, www.dstretch.com] и реализованный в качестве плагина (DStretch) под специализированный графический редактор для обработки изображений в научных целях ImageJ, так и называется DStretch.

Метод пигментных карт отличается, в первую очередь, необходимым уровнем квалификации исследователя. С одной стороны, это несомненный минус, поскольку DStretch гораздо проще в использовании, с другой стороны, именно это преимущество DStretch становится его слабым местом: возможностей для обработки и осмысления результатов метод пигментных карт дает больше, хотя и требует понимания того, что происходит с изображением.

Пигментные карты. Описание метода

Пигментная карта — это полутоновое изображение, применительно к документированию наскального искусства представляющее собой результат цифровой обработки фотографий, полученный с целью визуализации распределения на субстрате зон определенного цвета. Пигментные карты помогают разглядеть тонкие цветовые различия, которые трудно или невозможно увидеть невооруженным глазом – в этом заключалась первоначально поставленная перед нами задача. Основным инструментом метода пигментных карт является работа с каналами изображения различных цветовых пространств.

Концепция пигментных карт применительно к распознаванию плохо различимых рисунков охрой родилась из подхода к цветокоррекции, предложенной специалистом по обработке изображений Дэном Маргулисом. Свой подход он обозначил как «десять каналов одного изображения»: это означает, что неважно, в каком цветовом пространстве находится изображение, с которым вы работаете, и, если какие-то операции удобнее производить в цветовых пространствах, отличных от того, в котором находится ваша картинка, то нужно смело пересчитывать изображение в то цветовое пространство, которое вам нужно. В Photoshop под руками всегда три цветовых пространства: RGB, CMYK и Lab. Соответственно, мы получаем десять каналов, которыми можно оперировать при цветокоррекции: *Red, Green, Blue, Cyan, Magenta, Yellow, Black, Lightness, a* и *b*. Каждое цветовое пространство имеет свои преимущества и свои недостатки, и некоторые сложные типы коррекции действительно удобнее проводить, например, в Lab, несмотря на то что изображение пришло в RGB, а печататься оно будет офсетом – соответственно, в CMYK. Более того, Photoshop дает некоторые, хотя и слабо реализованные, возможности коррекции изображений, так сказать, в псевдопространствах. К таким командам, позволяющим оперировать некоторыми параметрами цветовых моделей HSB / HSL, не покидая рабочего RGB- или CMYK-

пространства, относятся команды Hue/Saturation (Image/Adjustments) и команда Selective Colors (там же).

В комплекте Optional Photoshop Plugins предлагается фильтр HSB / HSL. Устанавливается в систему этот дополнительный плагин достаточно просто, и он позволяет расширить список цветовых пространств, доступных в Photoshop. Применив это фильтр к изображению в системе RGB, мы получаем изображение в трех каналах, которые по-прежнему называются *red, green and blue*, но фактически представляют собой каналы Hue, Saturation and Lightness / Brightness. В одной из предыдущих статьях я утверждал, что, по сравнению с Lab, другие цветовые пространства не дают лучших результатов. Я ошибался, потому что использование канала Hue в некоторых случаях дает лучшие результаты, чем работа с каналом *a*. Кроме того, при работе с охрой иногда могут быть полезны пигментные карты на основе канала *Magenta*.

Но работа с любыми из этих каналов и / или их сочетаний не должны восприниматься как жесткие алгоритмы, отступление от которых является бессмысленной тратой времени и сил. Количество вариантов пигментных карт, которые можно получить на основе только одной фотографии, фактически бесконечно: число возможных комбинаций только между десятью цветовыми каналами (RGB, CMYK, Lab и HSB/HSL за вычетом яркостных каналов *Black, Lightness* и *Brightness*) и 27 режимов наложения пикселей, доступных в Photoshop, мы получаем примерно 729×10^{10} вариантов изготовления пигментной карты. Если добавить к этому фантастическому числу возможности инструмента «кривые» (curves), которые используются в рабочем процессе, то количество таких вариантов действительно стремится к бесконечности. Ясно, что подавляющее большинство этих вариантов будет бесполезно для обнаружения, например, красного пигмента, но и оставшихся в нашем распоряжении возможностей более, чем достаточно. Иными словами, важно понимать, что идеальной пигментной карты быть не может в принципе. Любой пользователь может создать вариант визуализации, который будет выгодно отличаться от других, если он потратит на это достаточное количество времени и внимания.

Итак, одна из идей, на которых строится концепция пигментных карт, состоит в отделении цветовой информации от яркостной, что проще всего сделать в любой программе, способной перевести изображение в одну из цветовых моделей, основанных на пространстве $x^*y^*z^*$. Таких цветовых пространств много, но наиболее широко применяется цветовое пространство Lab, где канал *L* содержит яркостную информацию, канал *a* — информацию о цветах от зеленого

до красного, а канал *b* — от желтого до синего. С помощью дальнейшей обработки определенного канала можно получить достаточно точную карту распределения на плоскости, например, пигмента определенного цвета. Для получения собственно пигментных карт (визуализации изображения) применяется техника фильтрации: за шум принимается все, что не относится к искомому компоненту (в этом одно из отличий метода пигментных карт от DStretch). Пигментная карта представляет собой полутоновое изображение (изображение в градациях серого), где, как правило, черным или серым представлен пигмент, а все, что принимается за шум, по возможности сдвигается за точку белого. Черно-белое представление результатов обработки продиктовано тактикой фильтрации и, несомненно, облегчает восприятие картинки, хотя в некоторых случаях может быть целесообразным применение тех «диких» сочетаний цвета, которые получаются в композитном канале при резком увеличении контраста в одном или нескольких цветовых каналах. Результаты обработки в DStretch выглядят именно так, и, если ваше зрение лучше различает контрастные цвета, чем изображение в градациях серого, то подобные сочетания нетрудно получить и в Photoshop.

Как уже говорилось, при переводе изображения из RGB в Lab происходит разделение сигнала по другому принципу, чем тот, который использовался в RGB: яркость отделяется от хроматической составляющей. Иначе говоря, для того чтобы выполнить эту немыслимую в докомпьютерную эпоху операцию, достаточно лишь выбрать пункт меню Image/Mode/Lab: мы отделили яркость от цвета. А, кроме того, хроматическую информацию разделили на две группы: красно-зеленую и сине-желтую. Поскольку нас сейчас интересуют красные тона, то работать дальше мы будем с каналом *a*.

Итак, мы отключили все каналы, кроме канала *a*. Сделать это можно в палитре Channels, сняв значки в виде маленьких глазиков с ненужных нам сейчас каналов *Lightness* и *b*, либо нажав сочетание клавиш CTRL+4. Можно сразу перевести изображение в пространство Greyscale, с ним работать потом будет удобнее – но это на мой вкус. Повторюсь, если ваш глаз лучше различает контрастные цвета, попробуйте работать с ними, для этого изменения, которые будут происходить с картинкой во время описанных ниже операций, можно отслеживать в композитном канале, включив в палитре Channels кнопку с изображением глаза на композитном канале при выделенном канале *a*. Выделенным должен оставаться один канал, в котором вы работаете: в нашем случае это канал *a*.

Если нам проще воспринимать результаты обработки в градациях серого и если наше исходное изображение не было чересчур насыщенным, то после выделения одного из каналов (в нашем случае канала *a*) и перевода изображения в пространство Greyscale мы увидим на экране почти однотонное серое поле. Это правильно. Пространство Lab – самое широкое по цветовому охвату из всех нам доступных, поэтому любое изображение, полученное в любом из меньших по охвату пространств – а они все у нас такие, кроме Lab, – будет иметь каналы *a* и *b* такого вот очень неконтрастного вида. Давайте откроем инструмент Curves (CTRL+M) и, прежде чем что-нибудь трогать, обратим внимание на гистограмму, которая визуализирует количество пикселей в зависимости от яркости этих пикселей. Крайняя левая точка на горизонтальной оси представляет пиксели со значением 0, что для RGB-модели соответствует черному цвету, и эта крайняя левая точка горизонтальной оси так и называется: «точка черного». Крайняя правая точка представляет пиксели со значение 255, что в модели RGB соответствует белому цвету. И точка так точно и называется: «точка белого». Все остальные яркости, которых всего 256, находятся между этими крайними значениями. Чем больше в изображении пикселей с определенным значением яркости, тем выше столбик гистограммы, соответствующий этому значению яркости. Для того чтобы понять разницу между RGB и Lab, давайте сделаем следующее. Нажмем кнопку ESC, которая закроет диалоговое окно Curves, нажмем CTRL+ALT+Z необходимое количество раз, чтобы отменить пересчет изображения в пространство Lab, и, находясь в пространстве RGB, еще раз вызовем диалоговое окно Curves (цветовое пространство, в котором находится изображение, можно отследить в строке заголовка файла). Обратите внимание на гистограмму для изображения в системе RGB. Теперь закрываем кривые, снова пересчитываем изображение в пространство Lab, выбираем красный канал, и открываем кривые. На гистограмме в диалоговом окне хорошо заметна разница в цветовом охвате между цветовыми пространствами RGB и Lab. В этот тонкий столбик в системе Lab поместилась вся та красивая пропорционально сложенная гора в гистограмме системы RGB. А изображение то же, в нем ничего не изменилось! Вот насколько Lab шире любого, даже самого вместительного RGB! [1]

---

[1] Систем RGB также существует теоретически бесконечное множество. Практически, Nikon, как правило, позволяет получить картинку в двух стандартизированных цветовых пространствах: sRGB и AdobeRGB, второе значительно шире первого по цветовому охвату, но с ним гораздо сложнее работать в силу его индивидуальности:

Мы хотим получить больше информации о цвете, находящемся в красной зоне спектра, или, если сформулировать задачу иначе, мы хотим усилить слабый сигнал в некоторых областях канала *a*. Все дальнейшие операции с этим каналом мы будем проводить так, будто это отдельное полутоновое изображение, то есть, хорошо бы сейчас отложить в сторону Lab и относиться к этой картинке, как к обычному изображению в цветовой модели Greyscale [2]. Для более привычного отображения искомой зоны хорошо инвертировать изображение – сделать негатив канала *a*. Тогда то, что мы ожидаем увидеть красным, будет представлено черным, а не белым, как это было бы, если бы мы оставили канал по умолчанию [3].

Основная операция по изготовлению пигментной карты состоит из двух шагов. Первый: мы отрезаем пустые области – области без информации справа и слева от графика. Для этого мы берем точку черного и передвигаем ее к тому месту на горизонтальной оси, где начинается гистограмма. То же самое делаем с точкой белого. Эту же операцию, с некоторыми оговорками, на которые мы пока сейчас закроем глаза, можно сделать, нажав кнопку Auto в диалоговом окне Curves. Если результат автоматического определения необходимой степени контрастности вас не устраивает, вы можете подправить его вручную. На самом деле, я крайне не рекомендую пользоваться никакими автоматическими командами типа Autolevels или кнопки Auto в кривых. Любой автомат – это снижение количества возможных вариантов обработки, и часто катастрофическое. Чтобы сделать ту же операцию, контролируя изменения, перетащите точку черного

---

sRGB стандартизирован гораздо лучше, то есть картинка в пространстве sRGB будет печататься и отображаться на различных устройствах вывода гораздо стабильней, в то время как часто результат печати или просмотра на других мониторах изображения в системе AdobeRGB может быть непредсказуем.

[2] Greyscale представляет цвет в виде одной шкалы – от черного к белому. Каждый пиксель изображения имеет одно значение яркости от 0 до 255, где 0 – это черный, а 255 – это белый. Эта модель двухмерна, в то время как модели, описывающие цвет, являются трехмерными, для каждого пикселя там существуют три значения яркости против одного в Greyscale.

[3] По умолчанию более темные тона в канале *a* представляют зеленую часть канала, а более светлые – красную. Если бы нас интересовала, например, зеленая растительность, было бы удобнее оставить изображение так, как оно есть. Человеческий глаз более естественно воспринимает текст темным на светлом фоне, чем наоборот. Так вообще устроен глаз: светлое небо – всегда фон, в то время как любые предметы на фоне светлого неба в обычных условиях менее яркие: темные деревья на фоне светлого неба, например. Поэтому, раз нас интересует красная часть канала, то, чтобы сделать восприятие более естественным, хорошо инвертировать канал *a*, прежде чем работать с ним дальше.

и точку белого к краям гистограммы до тех пор, пока изображение не начнет изменяться. Нажимаем OK.

Посмотрите, как изменилось изображение. Мы сейчас произвели волшебную операцию: мы не удалили ни одного бита полезной информации, все, что было в содержании этого канала, там же и осталось. Но изображение стало совершенно другим. Все, что мы сделали, – это подняли контраст. Контраст определяется уровнем наклона кривой: именно этот параметр мы изменили, когда сдвигали друг к другу точку черного и точку белого – обратите на это внимание. И еще одно важное событие произошло: эта операция необратима. То есть, если исключить сочетание клавиш CTRL+Z (ALT+CTRL+Z), то сделать изображение таким, какое оно было, будет невозможно. Поэтому перед тем как обрабатывать картинки, стоит всегда дублировать изображение и работать на копии. Для этого используется команда Image/Duplicate Image. Это важное правило, о котором следует помнить.

Как правило, исследователи наскального искусства, освоившие метод пигментных карт, на этом этапе останавливаются и делают выводы: есть краска или нет, читается изображение или нет. Мы же пойдем дальше и посмотрим, можно ли вытащить из этого изображения что-нибудь еще.

Здесь уместно вставить еще одно фундаментальное рассуждение. Все, что мы делаем сейчас, – мы пытаемся найти разницу между фоном (скалой) и рисунком. Сейчас мы занимаемся поиском цветовых различий: мы ищем разницу в цветовых характеристиках, которая может быть выражена, например, в цифрах, отражающих яркость в канале *a* – это самый «чистый» способ выделения разницы хроматических характеристик. Основная мысль такова: нас интересует, есть ли в изображении зоны, отличающиеся смещением хроматической составляющей в красной зону спектра. Иными словами, у нас есть фон – поверхность скалы, от которой мы хотим абстрагироваться. Фон может содержать красные тона, безусловно, но, если на скалу была нанесена охра, мы можем ожидать разности в этих красных тонах между естественным субстратом и искусственным пигментом. Это означает, что основная масса информации в изображении нас сейчас не интересует – мы считаем фон информационным шумом, который мешает нам увидеть охру, которую мы ищем.

Итак, возвращаемся к изображению. Во-первых, мы можем применить к изображению стандартные методы тоновой коррекции, чтобы сделать эту картинку более привлекательной для изучения и более информативной. Например, подняв контраст выше, сместив

точку белого левее правой границы гистограммы, мы можем отрезать фон – сделать его белым. Применив кривую особой формы (подняв контраст в нужной нам зоне и снизив контраст в незначительных областях), мы можем сделать более читабельными интересующие нас зоны: инструмент «кривые» дает несоизмеримо большие возможности, чем другие инструменты цветокоррекции, включая Levels, не говоря даже о командах типа Brightness/Contrast и Color Balance, и уже совсем умалчивая о командах типа AutoTone, AutoContrast и AutoColor.

Мы также можем предположить наличие на скале нескольких рисунков, сделанных, например, в разные эпохи разными мастерами, которые готовили краску по разным рецептурам, используя при этом разное сырье. Это означает, что такие рисунки могут отличаться по цвету. А это означает, что в пределах одного изображения мы можем попытаться уловить разницу не только между скалой и рисунком, но и между двумя разными рисунками.

На некоторых пигментных картах мы можем видеть некоторые размытые области, которые отличаются от фона и не относятся к найденному нами изображению. Если мы будем дальше поднимать контраст – делать кривую в соответствующей этим областям зоне кривой еще более крутой, – то уже найденное нами изображение превратится в нечитабельную черную массу, фон, который мог быть серым, станет совсем белым, но эти нечеткие области могут дать следующий пласт информации: возможно, это остатки рисунка, предшествующего уже обнаруженному. Либо, можно предположить, что рецепт краски был другим, и это изображение сохранилось хуже, хотя и могло быть нанесено позже, чем первое. Одним словом, меняя степень контрастности в разных зонах определенного цветового канала, мы можем выделять разные зоны, которые могут соответствовать разным рисункам. Или, точнее, эти разные зоны соответствуют разным красителям – с любыми вытекающими отсюда выводами.

Выше изложен базовый алгоритм изготовления пигментной карты. Дальше начинается творчество. Мы можем компоновать пигментные карты на основе разных каналов (для охры, например, это могут быть каналы *a, Magenta, Hue*. Могут давать хорошие результаты и другие цветовые каналы). На основе разных пигментных карт мы можем делать прорисовку красителя. Богатые возможности для визуализации может давать техника смешения разных пигментных карт с использованием режима наложения пикселей. И так далее. Возможности этого метода ограничены только интересом пользователя и его навыком работы в Photoshop.

DStretch by Jon Harman

Название программы является аббревиатурой от словосочетания decorrelation stretch, которое трудно перевести. Автор программы DStretch Джон Харман (Jon Harman) сообщает, что технология «decorrelation stretch» использовалась NASA для обработки изображений Марса, а он модифицировал этот метод и внедрил его в виде плагина Dstretch в программу ImageJ, и он надеется, что эта его адаптация будет полезна в деле исследования наскального искусства. Она действительно крайне полезна. Д. Харман оговаривается, что основной метод – это поиск различий в тоне (оттенке, hue), поэтому его техника дает лучшие результаты для «пиктографий» (pictographs, имеются в виду нарисованные изображения в противовес выбитым), чем для петроглифов.

Харман использует три основных цветовых пространства: RGB, Lab и YUV. На их базе путем смешения, насколько я понимаю, разных каналов из разных пространств, он «изобретает» свои собственные «цветовые пространства» [4]. Джон говорит, что он «сотворил» (have created) «пространства» YDS, YBR, YBK, LDS, LRE, которые являются модификациями пространств YUV и LAB. Всего таких «псевдопространств» Харман сотворил 20, если посчитать все доступные кнопки и вычесть «чистые» RGB, Lab и YUV. Все эти кнопки названы неясными аббревиатурами, разобраться в которых сложно.

В целом можно сказать, что для неподготовленного пользователя единственной нужной кнопкой является Cycle, которая запускает чередующиеся преобразования исходного изображения. Когда пользователь видит то, что он хотел увидеть, он нажимает вторую важную кнопку: Stop. Ни о каком понимании и интерпретации результатов здесь говорить не приходится. Речь идет только о визуализации цветовых различий, поданных в виде изображения в совершенно условных и абсолютно «диких» цветах.

По сути, DStretch является набором готовых рецептов для усиления плохо видимых цветовых контрастов. Для большинства пользователей на современном уровне развития технической грамотности этого набора алгоритмов достаточно для того, чтобы визуализировать слабо различимые цветовые различия. Метод пигментных карт дает, на мой взгляд, больше пространства для осознанного подхода к выявлению плохо различимых рисунков.

---

[4] Д. Харман некорректно употребляет словосочетание «цветовые пространства».

Другой особенностью DStretch нужно назвать закрытость концепции, что, на мой взгляд, является несомненным недостатком. Автор программы очень туманно объясняет основные принципы работы, не описывает конкретных методов и не раскрывает секреты получения результатов, что означает непонимание пользователем, а, возможно, и автором программы, механизмов работы. Целевые тона в руководстве определены слабо, что говорит о том, что метод плохо формализован.

Д. Харман предложил некоторые инструменты для «продвинутого пользователя», но одни из них настолько мутны, что ими пользоваться невозможно, а другие настолько элементарны, что ими пользоваться нет смысла. В руководстве не раскрываются не только механизмы получения результатов, но не объясняются самые очевидные вещи: например, можно только догадываться о том, какой параметр скрыт под выпадающим меню Scale. Я подозреваю, что таким образом регулируется степень контраста – угол наклона кривой, но тогда непонятно, зачем изобретать новый термин.

Еще одним недостатком DStretch является, на мой взгляд, отсутствие фильтрации в смысле отсечения нецелевых тонов или яркостей. В методе пигментных карт мы это можем сделать, во-первых, выбором определенного канала, во-вторых, увеличением контраста в определенных пользователем зонах, которые легко идентифицировать по нормализованной гистограмме. В DStretch есть полезный инструмент Area Selection, который ограничивает область, по которой рассчитывается алгоритм (этот инструмент будет рассмотрен ниже), но он не решает в полной мере задачу фильтрации.

Возможно, для определенной аудитории эти недостатки программы не являются недостатками. Целевую аудиторию в виде неподготовленных в деле обработке изображения пользователей выдают кнопки AutoContrast и CB, что означает Color Balance. В терминах Photoshop это autolevels, неизвестно как настроенные. Ни один уважающий себя пользователь Photoshop такими командами никогда не пользуется. В то же время серьезных средств тоновой или цветокоррекции в программе не предусмотрено. Но, в рамках философии «нажал-на-кнопку-получил-какой-то-результат» DStretch является удобным инструментом, чтобы как-то попытаться увидеть что-то на изображении, на котором хотелось бы увидеть что-то такое, чего вроде и не видно.

Тем не менее, интерфейс программы вполне дружелюбный, и, если потратить несколько минут на чтение описания и ознакомиться с назначением кнопок, названных, за исключением, пожалуй, кнопок

Back и Reset, всегда как-то непонятно, то программой вполне можно пользоваться. Я часто ею пользуюсь в целях экономии времени.

Я позволю себе ниже изложить по-русски описание интерфейса программы по материалам немногословного руководства пользователя, предложенного Харманом, а также по собственному опыту использования DStretch.

В одном из сопроводительных текстов автор кратко характеризует алгоритмы. «YDS и LDS «пространства» хороши для «общего усиления», – говорит он, – а также позволяют «вытянуть» слабые желтые пигменты. YBR и особенно LRE лучше для красных, YBK может помочь с черными и синими (blue) пигментами, а также неплохо работает с желтыми».

Кнопки в верхнем ряду позволяют получить «быстрые результаты». Видимо, подразумевается, что нажатие некоторых кнопок может потребовать серьезных вычислительных ресурсов от компьютера, и это может означать, что алгоритмы, представленные в верхнем ряду кнопок, в качестве исходного цветового пространства используют цветовую модель YUV. Алгоритм YDS «неплохо так вообще обрабатывает картинку, и хорошо работает с желтыми пигментами». CRGB очень хорошо работает со слабыми (выцветшими) красными рисунками, но дает несколько странные (дикие – wild) цвета. YBK может неплохо работать с черными пигментами. YBR иногда дает лучший результат для красных цветов, чем YDS.

Набор во втором ряду, название кнопок которого начинается с литеры L, работает медленнее, но меньше зависит от зашумленности изображения и так называемых jpeg-артефактов (в силу использования Lab в качестве исходного пространства, поскольку YUV, будучи разработанным для передачи по цифровым каналам видео, сильно ухудшает качество изображения по причине очень резкого сжатия именно цветовых каналов) и может дать результат, который будет выглядеть более резким и иметь более «приятные» цвета (по той же причине сжатие в формате YUV происходит за счет цветовых компонент). LAB и LDS «вообще неплохо работают», при том что LDS дает лучшие результаты для желтых тонов. LRE очень хорошо работает с красными. Кнопка RGB запускает выполнение оригинального алгоритма decorrelation stretch, что бы это ни значило.

Кнопка More скрывает еще несколько наборов, которые автор нашел полезными в деле обработки наскальных изображений. Харман говорит, что он снабдил каждую кнопку описанием процесса, который выполняется при ее нажатии. Это почти правда: при наведении курсора на кнопку всплывает подсказка, в которой описания процес-

са нет, но прописано, для чего эта кнопка хороша. Например, «Цветовое пространство YBG. Хорошо для зеленых пигментов». Кнопки RGB0, YRE, и YRD особенно годятся для красных, а YYE для желтых пигментов.

Кнопки YXX и LXX предлагают поучаствовать в деле «сотворения» цветовых пространств, а ползунки, которые появляются справа, позволяют менять какие-то параметры. Что это за параметры, для меня пока осталось тайной. Аббревиатура, кажется, задает базовое цветовое пространство – YUV для YXX и Lab для LXX.

Кнопка Flat несколько «снижает освещенность» в изображении. Видимо, речь идет о «прижимании» точки белого, хотя выполняет операцию команда несколько странно – явно по каналам, но по каким и зачем – неясно. Кнопка Save позволяет сохранять изображение в формате jpeg, а качество этого jpeg'а определяется настройками ImageJ. Кнопка AdjCol предлагает «поднастроить» цвет в изображении, предполагается, что с помощью этой опции можно снизить насыщенность и несколько нормализовать цвета. Но реализация этой команды более чем странная и неудобная. Кнопка CB делает какой-то Color Balance, в котором пользователю участвовать никак не приходится.

Кнопка Matrix позволяет сохранить результаты преобразований в текстовом файле с тем, чтобы ими можно было воспользоваться для обработки других изображений. И правда, создается файл там, куда вы скажете, и, вероятно, его можно подгрузить при, например, пакетной обработке данных.

Кнопка Cycle – самая полезная. Нажимаешь – и ждешь нужного результата. Когда результат приходит, нажимаешь Stop.

Простейшие и не вполне удачно организованные настройки предлагаются под кнопкой Expert. Там можно выбрать еще больше «цветовых пространств», можно построить немного загадочную маску по оттенку (hue) – идея неплохая, но как она реализована, я разобраться не смог. Возможно, эта попытка отсечь нецелевые оттенки. Также можно поменять еще несколько загадочных параметров и один очень простой: сдвиг общего оттенка, это аналог движка Hue в команде Hue / Saturation Photoshop.

В программе реализована очень полезная функция Area Selection, которая позволяет ограничить просчет алгоритма определенной зоной. Например, можно выделить только рисунок и не принимать в расчет траву или небо вокруг. Рассчитывается алгоритм по выбранной зоне, затем применяется ко всему изображению.

Также можно запустить пакетную обработку файлов в указанной папке, используя определенный набор алгоритмов. Это делается командой Batch.

Есть также еще кнопка Xplor, которая не описана в руководстве и которая дает еще одну возможность поиграть с наборами алгоритмов. Есть даже два загадочных слайдера, которые позволяют менять какие-то, опять же, загадочные параметры. Я подозреваю, что здесь реализованы некоторые возможности режима наложения пикселей, если говорить на языке Photoshop, а движки в правой части окна позволяют менять уровни прозрачности накладываемых друг на друга слоев.

В целом DStretch интересная программа для неразборчивого пользователя. Много всяких кнопочек, которые можно нажимать и видеть, как меняется картинка. Всё или почти всё работает, если не залезать слишком глубоко под кнопку Expert.

Итак, DStretch – хорошая альтернатива методу пигментных карт в контексте визуализации скрытых изображений, поскольку действительно позволяет получить быстрый результат с минимальными затратами.

Применение методов

Применение любого из рассматриваемых методов для визуализации плохо различимых изображений, нанесенных охрой, в изучении наскального искусства описанными выше способами использования не ограничивается.

Можно применять эту технологию для работы с гравировками, цвет которых отличается от цвета субстрата. Субстрат в данном случае – это поверхностный слой камня, который изменил свои цветовые характеристики в результате атмосферного воздействия. Речь идет о «пустынном загаре» или о патинизированной поверхности – эти понятия не очень хорошо разведены в литературе, хотя, как правило, все понимают, о чем идет речь. Во время гравирования или выбивки измененный в результате атмосферных воздействий поверхностный слой нарушается, и становится виден, так сказать, коренной слой камня, который часто имеет другой цвет. Правильнее будет сказать наоборот: другой цвет у поверхностного слоя, над которым работали солнце, вода и ветер, а у внутренности скалы цвет такой, какой она была «с сотворения мира». Тем не менее, зачастую мы можем наблюдать разницу в цвете у относительно свежего следа на камне и неповрежденной поверхности. Со временем эта разница часто нивелиру-

ется: атмосферные условия оказывают свое воздействие, и разница в цвете мало-помалу исчезает: след приобретает свойства поверхностного «обветренного» слоя. Но в некоторых случаях эту разницу мы можем фиксировать, даже если она не видна на глаз. Например, в некоторых случаях кальцитовый натек консервирует след, и патинизация следа либо замедляется, либо останавливается.

Можно предложить еще одно использование пигментных карт. Идея заключается в сопоставлении содержимого каналов *a* и *b*, или других пар. Приведем пример с изображениями, выполненными охрой. Если мы проделаем все те же операции, которые мы произвели над каналом *a*, с каналом *b*, то получим еще одну пигментную карту, где, если мы также инвертировали изображение, черным будет показано распределение желтого красителя на плоскости. Поскольку мы искали красную составляющую, полагая, что рисунок мог быть сделан красной охрой, мы сначала работали с каналом *a*. Если бы мы искали следы желтой охры, например, то нам сразу следовало бы обратиться к каналу *b*. Но присутствие искомого рисунка в канале *a* не исключает присутствие следов в канале *b*. Другими словами, в красной краске могут быть и желтые составляющие. А могут и не быть. Поскольку считается, что красный пигмент, применяемый в наскальной живописи, мог быть изготовлен из бурых железняков методом обжига, и поскольку бурые железняки содержат гидроокислы железа, — а они желтого цвета, — то, исходя из разницы в содержимом этих двух каналов, можно говорить, например, о разной рецептуре изготовления красок для соседних рисунков или о разной степени дегидратации оксидов двухвалентного железа [Солодейников, 2014].

Для визуализации результатов сопоставления разных пигментных карт одной плоскости можно применять различные методы наложения пикселей, что позволяет визуализировать различия между результатами обработки: вычитать одно изображение из другого, суммировать их, или проводить более сложные вычислительные процедуры, например, выделять на фоне субстрата слабо видимые нижние слои краски, ослабляя те, что лежат «поверх» и бросаются в глаза. Также можно комбинировать в одном файле различные пигментные карты и результаты обработки изображения в DStretch.

Можно придумать и другие способы работы с пигментными картами. Не нужно рассматривать пигментные карты как конечный результат, нужно искать методы применения пигментных карт для получения другой информации. Эти методы существуют. Например, можно использовать метод пигментных карт для визуализации био-

обрастателей, то есть можно предложить использование этой техники для мониторинга плоскостей, для контроля качества очистки плоскости от лишайников, отслеживания появления новых колоний биообрастателей, которые во многих случаях трудно заметить невооруженным глазом, и так далее. Кроме того, при документировании плоскостей с изображениями может возникать задача построения картограмм поверхности, отражающих состояние плоскости, в частности, поражение ее биообрастателями. Возможно, с помощью пигментных карт это сделать будет проще.

Одним словом, метод пигментных карт – это не набор строгих алгоритмов для поиска красной охры, но стиль мышления. Мы можем выделять совершенно разные области, если они различаются по цвету в одном из десяти или двенадцати каналов. Какие это будут области, какие средства выделения использовать, и, самое важное, – как интерпретировать и использовать результаты – зависит только от творческого мышления исследователя.

Список литературы

Solodeynikov A. Research on the Recordings of rock paintings in the Kapova cave (Ural) // International Newsletter On Rock Art (INORA). 2005. № 43. P. 10–14.

References

Solodeynikov A. Research on the Recordings of rock paintings in the Kapova cave (Ural). *International Newsletter On Rock Art (INORA)*, 2005, No 43, pp. 10–14.

Материал поступил в редакцию
Received
30.07.2020

Информация об авторе / About the author

Солодейников Алексей Константинович, научный сотрудник, ГБУ РБ ИКМЗ «Пещера Шульган-Таш» (ул. Савушкина, 140-143, Санкт-Петербург, 197374, Россия)

Alexey K. Solodeynikov, Researcher, Historical and Cultural Museum "Shulgan-Tash Cave" (140-143 Savushkin st., St. Petersburg 197374, Russia)
+79219198292
solodey@mail.ru

Список сокращений

ГБУ РБ ИКМЗ – Государственное бюджетное учреждение Республики Башкортостан Историко-культурный музей-заповедник
INORA – International Newsletter On Rock Art

Фоторепортаж

№ 1 2020 Научный журнал
Universum Humanitarium