

DOI: 10.31509/2658-607x-202581-161

УДК 7.013:574.42:51.78:502.2

ПРИНЦИПЫ ОПИСАНИЯ ЭСТЕТИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ПРИРОДНЫХ ПЕЙЗАЖЕЙ

© 2025

В. Г. Суховольский^{1*}, А. В. Ковалев², О. В. Тарасова³,

Е. П. Черткова⁴, Д. Г. Замолотчиков⁴

¹Институт леса им. В. Н. Сукачева СО РАН, Россия, 660036 Красноярск, Академгородок, 50/28

²ФИЦ КНЦ СО РАН, Россия, 660036 Красноярск, Академгородок, 50

³Сибирский федеральный университет, Россия, 660041 Красноярск, пр. Свободный, 79

⁴Центр по проблемам экологии и продуктивности лесов им. А. С. Исаева Российской академии наук, Россия, 117997 Москва, ул. Профсоюзная, 84/32, стр. 14

*E-mail: soukhovolsky@yandex.ru

Поступила в редакцию: 02.01.2025

После рецензирования: 06.02.2025

Принята к печати: 14.03.2025

Рассматриваются возможности количественной оценки эстетических услуг природного пейзажа в лесах и парках. Обсуждается попытка «взвесить» качество эстетических услуг и эстетические свойства разных пейзажей. Предполагается, что эстетические характеристики участков леса и парков формируются теми же способами, что и характеристики живописи, и особенно, пейзажной живописи. В связи с этим объекты пейзажной живописи рассматриваются с художественной точки зрения для изучения возможности количественной оценки картин известных художников. Для описания цветности и яркости художественных произведений как совокупности пикселей разных цветов и яркости предложено рассматривать ранговые распределения по цветности и яркости этих объектов. Показано, что картины выдающихся художников характеризуются ранговыми распределениями в форме уравнений Ципфа-Парето и Мандельброта. По аналогии с произведениями живописи рассматриваются фотографии пейзажей на территории Алтайского заповедника. Показано, что все пейзажи можно классифицировать по характеристикам ранговых распределений Ципфа-Парето. Пред-

ложенный подход позволяет подойти к оценке эстетических характеристики пейзажей.

Ключевые слова: леса, парки, фотографии, пейзаж, эстетические характеристики, живопись, цветность, яркость, пиксели, ранговое распределение

Экосистемные услуги понимаются как польза, которую человек получает от функционирования природных экосистем. Концепция «экосистемных услуг» берет начало в работах экологов второй половины XX в., но широкое внимание общественности, политиков и лиц, принимающих решения, к этой концепции было привлечено после работ Роберта Костанца (Costanza et al., 1997) и Гретхена Дейли (Daily, 1997), в которых сформулирована совокупность понятий и даны первые оценки возможной стоимости экосистемных услуг (Экосистемные услуги ..., 2016).

Одними из видов лесных экологических услуг являются эстетические услуги природного пейзажа. Важность этих услуг признается всеми исследователями, однако ключевой проблемой является их количественная оценка.

Леса и парки – специфические художественные объекты. Еще в эпоху Возрождения сформировались разнообразные стили, впоследствии ставшие классическими. Так, регулярный стиль в оформлении парков по праву олицетворяет собой строгость и геометрич-

ность форм. Можно сказать, что структуру регулярного парка можно характеризовать наличием дальнего пространственного порядка (рис. 1).

Пейзажный (английский) стиль паркового оформления наиболее приближен к естественному природному ландшафту и может характеризоваться наличием ближнего порядка. По своему характеру он противоположен регулярному стилю. Здесь правит полная асимметрия, и даже некоторая небрежность в расположении элементов. Такой парк можно представить как своеобразную картинную галерею независимых пейзажей, подобных произведениям пейзажной живописи.

Совершенно независимо от западного паркового стиля развивались восточные парковые объекты (китайский и японский), однако и для парков этого типа можно говорить о наличии дальнего и ближнего порядков.

Можно говорить о близости восприятия парков с ближним пространственным порядком и пейзажа на картине. О близости живописного пейзажа и вида парка указывает большое число

картин разных авторов, на которых отображены парковые зоны.

В настоящее время предпринимаются попытки «взвесить» качество эстетических услуг в зависимости от типа лесных экосистем, что вызывает естественные вопросы об однородности

эстетических свойств разных насаждений в пределах одного типа лесных экосистем. Можно предположить, что эстетические характеристики участков леса и парков должны формироваться теми же способами, что и характеристики живописи, и особенно, пейзажной живописи.

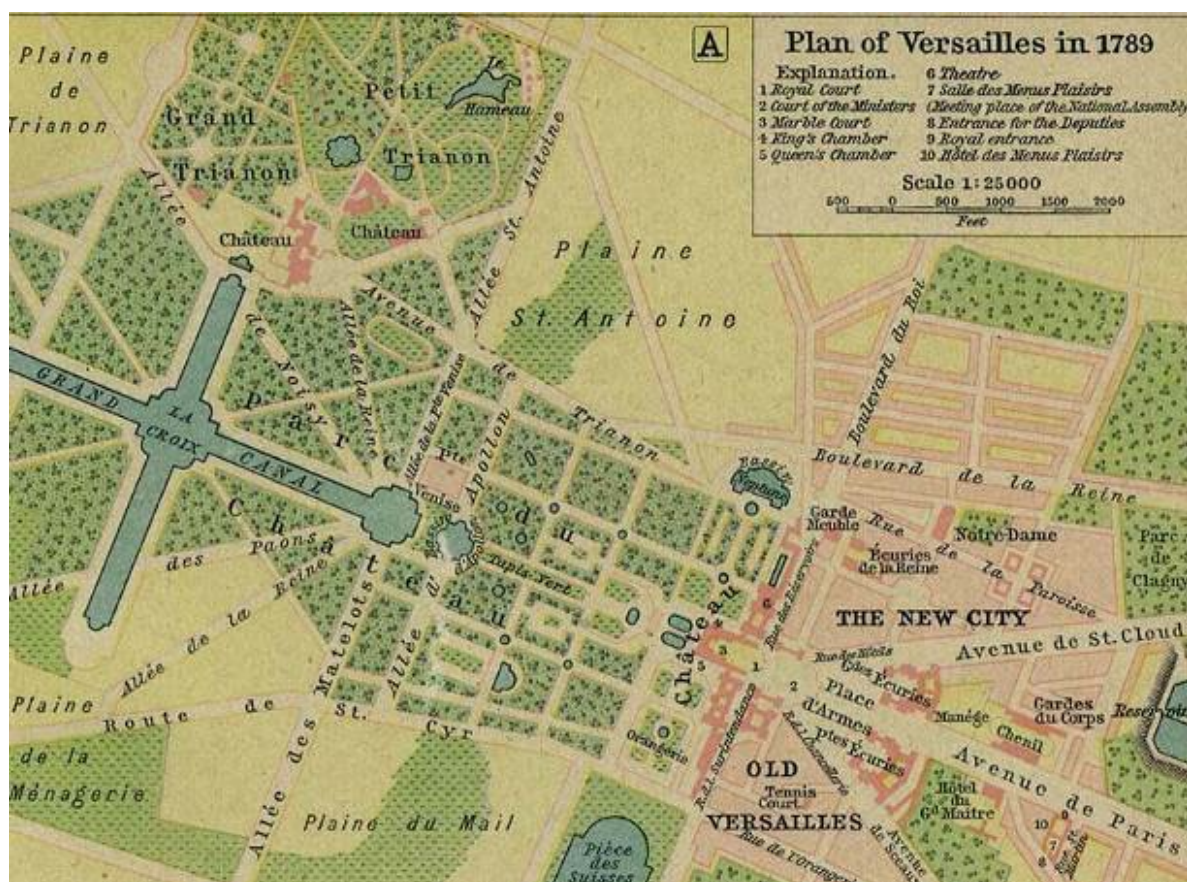


Рисунок 1. План Версаля (1789)

Природные пейзажи – специфический художественный объект. Видом природного объекта можно восхищаться или, напротив, считать его неудачными. В этом отношении можно говорить, что красота природного объекта – понятие

субъективное. Однако с развитием цифрового представления в искусстве возникает вопрос – существуют ли какие-то объективные показатели, позволяющие нам оценить в цифрах художественные достоинства природных объектов?

Безусловно, такие оценки важны для решения задач управления природной средой, классификации важного того или иного ландшафта с точки зрения его использования, например, в рекреационных целях. Основная задача настоящей работы – оценка эстетических характеристик ландшафтов на территории Алтайского государственного заповедника.

МЕТОДЫ И ОБЪЕКТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Когда пытаются ввести какие-то количественные показатели, используют те или иные математические методы. Действительно, существуют несколько точек пересечения живописи и математики: теория перспективы, представле-

ние о золотом сечении в теории композиции (Раушенбах, 1980, 1986, 2001; Livio, 2002). В настоящей работе рассмотрена возможность использования математических подходов для описания эстетических характеристик как пейзажной живописи, так и парков.

Распространенные балльные оценки эстетических характеристик пейзажей в значительной степени субъективны, к тому же при использовании балльной шкалы нельзя оценить, как велика разница между пейзажами с разными балльными оценками. Также для этой цели предлагается использовать оценки характеристики ландшафта, в частности, такую оценку, как Integral Relief Variety (IRV) (Экосистемные услуги ..., 2016):

$$IRV = LndF_V \times [(Her_Varncse + Slope / 100000) + Open_Mean]], \quad (1)$$

где $LndF_V$ – разнообразие мезоформ рельефа; $Her_Varncse$ – разнообразие диапазона высот; $Slope$ – разнообразие уклонов; $Open_Mean$ – потенциальная открытость рельефа.

С нашей точки зрения, у предлагаемого показателя существуют два основных недостатка: во-первых, большая площадь пиксела, используемого для расчетов (50x50 км!), и, во-вторых, неясность с выраженностью эстетических

показателей через используемые ландшафтные параметры.

Вообще неясно, как объективно оценить эстетические свойства картин и пейзажей. Обычно для такой оценки используют мнения экспертов. Но невозможно искать экспертов для оценки отдельной картины или пейзажа. Поэтому мы предлагаем использовать в качестве экспертов картины признанных художников и оценивать цифровые показате-

ли организации этих картин. Найденные значения цифровой организации далее будем использовать в качестве эталона эстетических характеристик. Если рассматриваемый пейзаж по своим количественным показателям близок к количественным показателям художников-классиков, будем полагать, что эстетические характеристики такого пейзажа будут считать высокими.

При разработке методов количественной эстетической оценки пейзажа представляется, что количественные эстетические характеристики должны быть едиными как для природных пейзажей, так и для картин и фотографий, и эти показатели должны «работать» на любом пространственном масштабе.

Парки (в особенности английские и японские) можно рассматривать как совокупность отдельных организованных ландшафтов. Вообще говоря, парковые зоны и пейзажи можно сравнивать с нефигуративной живописью.

После того, как общество согласилось, что нефигуративная живопись тоже произведение искусства, и можно не связывать качество картины с изображенным на ней сюжетом (если он там есть), любая картина, в конечном счете, представляет собой совокупность линий и множества цветовых и яркостных

пятен и хорошая картина отличается от плохой тем, что эти пятна по-разному **организованы** в пространстве картины. Точно тоже можно сказать и о парках. Но как организованы парки и живописные пейзажи?

Художник, рисуя картину, в конечном счете имеет в своем распоряжении один ресурс – свою палитру, то есть набор цветов, которые он может нанести на двумерное пространство полотна. Если это так, то для описания **колористической организации** картины возможно использовать представление о распределении этого цветового или яркостного ресурса на плоскости. Следует понимать, что цветовые и яркостные пятна в определенном смысле конкурируют между собой в пространстве картины – если демиург-художник в точку полотна с координатами (X, Y) наносит красную точку, то туда уже не нанесешь синюю. Конечно, можно заменить красную точку на синюю, но зритель-то увидит окончательное решение мастера.

Точно так же как живописное полотно, мастер паркового искусства строит в трехмерном пространстве парк как совокупность линий и цветовых пятен, только в отличие от живописца, использует при этом вместо красок растения. При этом он должен иметь в виду, что в

течение сезона окраска растений будет изменяться и парк изменит свой вид.

В настоящее время для фиксации вида парка используется фотография. При этом фотограф получает возможность отобрать для фиксации ракурс, представляющийся ему эстетически привлекательным. И фактически фотографию парка с ближним пространственным порядком можно рассматривать как аналог живописного пейзажа.

В цифровом представлении любую двумерную картину или вид парка представляет собой множество пикселей с некоторой заданной малой площадью. Каждый пиксел можно характеризовать определенным цветом и яркостью. Тогда цветовой колорит картины можно будет

описать числом пикселей разных цветов в плоскости картины и можно вычислить функцию распределения этих пикселей по яркости и цвету. В простейшем случае цветовой спектр от красного цвета (примерно 760 нм) до фиолетового (около 400 нм) можно разделить на несколько классов и определить абсолютное и относительное число пикселей каждого класса в плоскости картины. Аналогичную процедуру можно выполнить и для показателей яркости. Тогда картину или вид парка с ближним пространственным порядком можно описать функцией распределения цветов (от красного до фиолетового) и аналогичной функцией распределения по яркости (рис. 2).

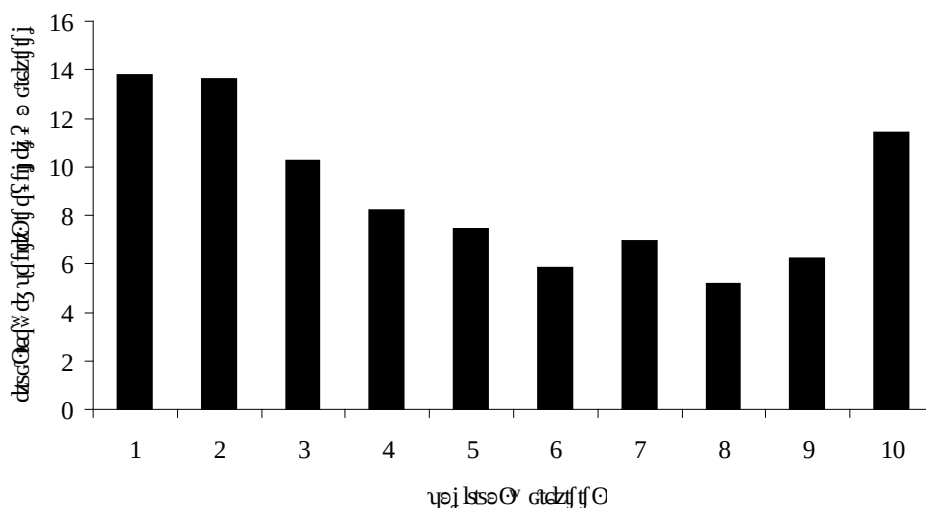


Рисунок 2. Распределение по цветам японского парка (фотография из коллекции Huntington Library, Art Museum and Botanical Gardens, San Marino, California, U.S.A).
Группа 1 – синие, и далее по спектру до группы 10 – красные.

При анализе распределения пикселей на двумерном изображении (картине или фотографии) доли $p(i)$

$$\sum_{i=1}^n N(i) = N \quad p(i) = \frac{N(i)}{N} \quad \sum_{i=1}^n p(i) = 1 \quad (2)$$

В этом случае введем понятие эстетической полезности U изображения

$$\frac{dU(i)}{dp(i)} = -k \ln p(i) \quad U \Rightarrow \max \quad (3),$$

где k – константа.

Можно сказать, что перед художником или мастером пейзажей встает задача некоторого оптимального распределения разных пикселей на ограниченном пространстве холста или парка.

Задача оптимального распределения ограниченного ресурса между компонентами системы впервые была поставлена В. Парето при описании распределения доходов населения и Дж. К. Ципфом при анализе состава слов в тексте (Pareto, 1897; Парето, 2008; Zipf, 1949).

Во многих работах продемонстрировано, что закон Ципфа-Парето носит универсальный характер и описывает распределение однородного ограниченного ресурса в биологических, экологических, экономических, социальных и политических системах.

При это полагают, что система состоит из n различных элементарных еди-

пикселей по цвету или яркости выразится следующим образом:

и определим условие, которое наложим на U :

ниц (например, пикселей фиксированных цветов) и характеристики системы описываются как называемыми ранговым распределением, где по оси X откладывается ранг компонента, а по оси Y – число компонентов этого ранга. Для построения рангового распределения компоненту с самым большим числом пикселей присваивается ранг 1, а компоненту с наименьшим числом пикселей будет присвоен ранг n . Следующий шаг – построение зависимости относительно значения пикселей в классе от ранга класса – это и есть ранговое распределение.

Ранговое распределение относительного обилия пикселей разных цветов будем описывать с помощью уравнения Ципфа – Парето в двух формах: классической форме (4) и в форме (5), предложенной Бенуа Мандельбротом

(Pareto, 1897; Zipf, 1949; Mandelbrot, 1965).

$$p(i) = Ai^{-b} \quad (4)$$

$$p(i) = A(i + B)^{-b} \quad (5),$$

где A , b и B – константы.

Или после логарифмического преобразования (4)

$$\ln p(i) = a - b \ln i \quad (6),$$

где a – логарифм компонента ранга 1, b – коэффициент распределения компонентов в объекте (коэффициент преобладания (цвета или яркости)).

Если b велико, на объекте преобладают несколько основных цветов (показателей яркости). Если b мало, то палитра картины складывается из почти равного числа пикселей различных цветов (показателей яркости).

После разложения (5) в ряд Тейлора получим:

$$\ln p(i) = a_1 - b_1 i \quad (7)$$

Таким образом, уравнение (6) линейно в двойных логарифмических координатах, а уравнение (7) линейно в полулогарифмических координатах. Эти представления данных позволяют вычислить коэффициенты уравнений (6) и (7) для ранговых распределений, используя стандартные линейные регрессионные уравнения.

Для анализа изображений парков и картин использовалась оригинальная компьютерная программа анализа сканированного растрового изображения. Программа переводила исходное сканированное RGB-изображение (цветное, 16 млн. цветов) отдельно в 256 градаций яркости и 256 градаций цветности.

Цветовая модель RGB наиболее просто описывает формат записи цветного изображения на технических устройствах и идеально приспособлена для аппаратной реализации. Кроме того, система RGB удачно согласована со зрительной системой человека в том смысле, что человеческий глаз восприимчив к красному, зеленому и синему – основным первичным цветам. К сожалению, цветовые системы RGB, CMY и другие подобные плохо приспособлены для описания цветов таким образом, как это свойственно человеку. Например, описывая цвет автомобиля, человек не говорит о процентном содержании в нем каждого из основных цветов. Более того, рассматривая цветное изображение мы не думаем о том, что оно составлено из трех отдельных изображений – по одному для каждого первичного основного цвета.

Глядя на окрашенный объект, человек описывает его с помощью цвета

(цветового тона), насыщенности и светлоты (Гонсалес, Вудс, 2005). Цветовой тон является характеристикой, которая описывает собственно цвет (чистый желтый, оранжевый, красный и т.д.), тогда как насыщенность дает меру того, в какой степени некоторый чистый цвет разбавлен белым. Светлота соответствует понятию интенсивности (полутоновой яркости) в ахроматическом случае и является одним из ключевых параметров для описания цветового восприятия. Как известно, интенсивность (яркость) – основная характеристика монохромных (полутонových) изображений. Эта величина может быть измерена и легко поддается интерпретации. В модели, которая носит название цветовая модель HSI (цветовой тон, насыщенность, интен-

сивность) яркостная информация (интенсивность) отделена от цветовой информации (цветовой тон, насыщенность). В результате модель HSI представляет собой идеальное средство для построения алгоритмов обработки изображений, поскольку в основе модели лежит естественное и интуитивно близкое человеку описание цвета.

Иногда модель HSI также называют HSB (Hue – Saturation – Brightness Цветовой тон – Насыщенность – Яркость). В данной работе в дальнейшем будут использоваться компоненты данной модели Цветность- (Hue) и Яркость (Intensity / Brightness).

Цветовой тон H для каждого пикселя, заданного в RGB-формате изображения, определяется по формуле

$$H = \begin{cases} \theta, & B \leq G \\ 360 - \theta, & B > G \end{cases} \quad (8),$$

где

$$\theta = \arccos \left\{ \frac{\frac{1}{2}[(R - G) + R - B]}{[(R - G)^2 + (R - B)(G - B)]^{\frac{1}{2}}} \right\}$$

Насыщенность S дается выражением:

$$S = 1 - \frac{3}{(R + G + B)} [\min(R, G, B)] \quad (9)$$

Наконец, интенсивность I дается выражением:

$$I = \frac{1}{3}(R + G + B) \quad (10)$$

Формулы (8)–(10) написаны в нормированы так, чтобы их значения предположении, что RGB координаты лежали в диапазоне $[0, 1]$, и угол θ от-

считывается от красной оси пространства HSI. Цветовой тон может быть нормирован таким образом, чтобы его значения попадали в диапазон $[0, 1]$. Для этого нужно значения H , получаемые по формуле (8), поделить на 360° . Значения двух других HSI компонент автоматически попадают в этот диапазон при условии, что RGB значения лежат в интервале $[0, 1]$.

Для каждой из двух полученных компонент рассчитывается распределение точек изображения по 10 равномерным группам. В дальнейшем рассчитывается параметры уравнения Ципфа-Парето отдельно для яркости и цветности. При расчете производится оптимизация аппроксимации распределения (по МНК-критерию при максимуме коэффициента детерминации R^2).

Таким образом, мы перевели цветовую и яркостную структуру паркового пейзажа или картины в цифры, и ввели три показателя для описания этой структуры – угол наклона b , свободный член a и коэффициент детерминации R^2 , показывающий, насколько распределение цветов подчиняется уравнению свободной конкуренции. Чем ближе значение R^2 к 1, тем точнее изучаемое распределение описывается моделью свободной конкуренции. Кроме того, можно

отметить цветовые или яркостные группы ведущих рангов 1 и 2, характеризующие цвета или яркости, занимающие большую часть пейзажа.

Для оценки эстетических характеристик изображения введем **Гипотезу художественной оптимальности (максимальной эстетической полезности)**: у картин, обладающих высокой художественностью ценностью, распределение пикселей по яркости и цвету должны подчиняться уравнениям (6) или (7).

Для верификации выдвинутой гипотезы анализируются работы известных художников: В. Ван Гога, К. Моне, Я. Вермеера, В. Кандинского, Дж. Поллока и других; фотографии пейзажей японского парка из коллекции Huntington Library, Art Museum and Botanical Gardens, San Marino, California, U.S.A., английского парка (18th-century landscape garden, Wilton House, Salisbury, England, GB; фотографии участков леса в окрестностях Красноярска.

Оценка эстетических характеристик ландшафтов на территории Алтайского государственного заповедника проведена на основе 128 фотографий из 8 разных природных объектов.

Алтайский государственный природный заповедник (АГПЗ) был основан 16 апреля 1932 года в горах Южной Си-

бири. Основной задачей создания заповедника является охрана Телецкого озера, разнообразных ландшафтов, кедровых лесов, генетического фонда флоры и фауны, редких видов и уникальных экосистем (Малешин и др., 1999). Площадь заповедника составляет около 900 тыс. га, что составляет около 10% от территории Республики Алтай. В его состав входит 50% (более 11 тыс. га) акватории Телецкого озера (Наблюдение и изучение ..., 2023).

АГПЗ и Телецкое озеро признаны объектами Всемирного природного наследия ЮНЕСКО в рамках номинации «Золотые Горы Алтая», что было подтверждено Сертификатом ЮНЕСКО от 5 декабря 1998 года и постановлением Правительства Республики Алтай от 13 сентября 1996 года № 179. С 1996 года Телецкое озеро имеет статус памятника природы республиканского значения. 26 мая 2009 года на 21-й сессии Международного координационного совета Программы ЮНЕСКО «Человек и биосфера» (МАБ) АГПЗ был включен во Всемирную сеть биосферных резерватов. Важно отметить, что территория Алтайского биосферного резервата находится в пределах Алтае-Саянского экорегиона, одного из 200 важнейших экорегионов мира. Это, в сочетании с кластером «Заимка

Лыковых» Хакасского биосферного заповедника и кластером «Кара-Холь» Убсунурской котловины, создает уникальную охраняемую территорию с биосферным статусом (Акимова, Калмыков, 2017).

Заповедник занимает три физико-географические провинции: Северо-Восточный, Восточный и Юго-Восточный Алтай. Сложный мозаичный рельеф включает горные леса, ерниковые и каменисто-травянистые тундры, а также участки горных тундростепей в Джулукульской котловине, расположенной на Юго-Восточном Алтае. Основную часть территории занимают плоскогорья и альпийские хребты Чулышманского нагорья. Заповедник граничит с Республикой Хакасией и Республикой Тыва. Наивысшая точка достигает 3507 метров (гора Ташкалыккая, хребет Шапшальский), а самая низкая – 434 метра (уровень Телецкого озера). В северной части находятся хребты Торот (до 1615 м) и Корбу (до 2058 м). Восточные границы заповедника проходят вдоль хребтов Абаканского (максимальная высота 2841 м) и Шапшальского (максимальная высота 3507 м). К южной границе подходят северные отроги хребта Чихачёва (до 3053 м). Западная граница представлена глубокой долиной реки Чулышман и Те-

лецкого озера (434 м). В южной части расположен обширный Джулукульский межгорный котловина с высотой около 2200 м. Разница между максимальной высотой и уровнем Телецкого озера составляет 3070 м. Относительные высоты альпийских гребней над речными долинами варьируются от 400 до 2500 м (Самойлова, 1967).

Рельеф характеризуется разнообразием форм: высокогорные альпийские участки сменяются платообразными нагорьями, широкими долинами и глубокими каньонами. Почвенный покров варьируется в зависимости от широты и высоты. В заповеднике выделяются следующие типы почв: горные-лесные (обычно оподзоленные) на лесных участках и горно-тундровые в высокогорьях, а также горно-луговые под лесными и субальпийскими лугами и черноземовидные почвы под степными сообществами (Самойлова, 1967).

По количеству видов сосудистых растений Алтайский биосферный заповедник делит первое место в России с Кавказским биосферным заповедником, а по видовому разнообразию входит в пятерку заповедников страны.

Разнообразие природных и климатических условий заповедника содействует богатому видовому составу флоры

и фауны. На территории заповедника зарегистрировано 3601 вид растений, включая 550 мохообразных, 1770 сосудистых, 1051 низших растений (668 водорослей, 314 грибов, 263 лишайника). Папоротникообразные представлены 36 видами. В Красную книгу России включены 39 видов растений, среди которых 8 видов лишайников, 4 вида мхов, по 1 виду папоротникообразных и плауновидных, 3 вида грибов и 22 вида сосудистых растений. Среди зарегистрированных растений более 250 видов являются Алтае-Саянскими эндемиками, а 120 видов — реликтами различных эпох палеогенового, неогенового и четвертичного периодов (Черткова, 2019).

На территории заповедника обнаружено 15 видов рыб, 2 вида амфибий, 6 видов рептилий, 337 видов птиц и 71 вид млекопитающих. В настоящее время фауна млекопитающих заповедника включает 71 вид, относящихся к 6 отрядам и 19 семействам. Среди них 18 видов хищных, 8 парнопалых, 24 грызуна, 2 зайцеобразных, 8 рукокрылых и 11 насекомоядных. Особое внимание заслуживают снежный барс (*Uncia uncia*), алтайский горный баран (*Ovis ammon ammon*) и манул (*Felis manul*), которые занесены в Международную Красную книгу, Красную книгу России и Красную книгу Рес-

публики Алтай. Также в Красную книгу Республики Алтай и Российской Федерации занесены речная выдра (*Lutra lutra*) и северный олень (лесной подвид) (*Rangifer tarandus valentinae*). Заповедник является единственным местом обитания лесного северного оленя в регионе. Кроме того, в Красную книгу Республики Алтай включены кабарга (*Moschus moschiferus*) и 8 видов летучих мышей.

На сегодняшний день зарегистрировано 332 вида насекомых, среди которых 39 видов стрекоз, 1 вид тараканосверчка, 41 вид поденок, 62 вида ручейников, 73 вида чешуекрылых, 24 вида жесткокрылых (жуки-долгоносики) и 92 вида паукообразных (Черткова, 2019).

Почти половину территории заповедника занимают горно-таежные леса, в состав которых входят кедр (*Pinus sibirica*), лиственница (*Larix sibirica*), пихта (*Abies sibirica*), ель (*Picea obovata*), береза (*Betula pendula*) и осина (*Populus tremula*) в различных сочетаниях. Особой гордостью заповедника являются сохранившиеся массивы кедра в прителецкой части, достигающие 1.8 м в диаметре и возраста 400–450 лет (Лесохозяйственный регламент ..., 2022).

Развитие туризма на территории АГПЗ имеет давнюю историю, и среди его излюбленных мест для отдыхающих

особое внимание привлекают такие живописные ландшафты, как:

– Водопад Корбу – одно из самых доступных и живописных мест, где потоки воды каскадами обрушиваются вниз, создавая завораживающее зрелище. Это идеальное место для съемки динамичных водных потоков на фоне густой зелени леса.

– Телецкое озеро – жемчужина Алтайского заповедника, одно из самых глубоких озер России. Коренные народы называют его Алтын-Кёль, или Золотое озеро. Его кристально чистая вода и окружающие горные хребты создают потрясающие виды, идеально подходящие для пейзажных снимков. Особенно впечатляют фотографии, сделанные на закате или восходе солнца, когда свет играет на поверхности озера, отражаясь в его глади. Телецкое озеро расположено в горном разломе северо-восточной части Алтая на стыке с Западными Саянами, его глубина наибольшая составляет 325 м. Водосборный бассейн озера имеет площадь около 20 тыс. км² и представляет горную область, вытянутую с юго-востока на северо-запад на 235 км. Берега сложены крупными валунами, осыпями, часто представляют собой высокие скальные обрывы. Уникальность Телецкого озера заключается в колоссальном

запасе пресной воды (41 км³). Телецкое озеро вносит существенное влияние на формирование местного климата, смягчая зимний и охлаждая летний сезоны. Долина Телецкого озера расположена в нижнем поясе гор и характеризуется пестротой микроклиматических условий. Зима в долине озера, по сравнению с окружающими территориями, мягкая, что связано с влиянием азиатского антициклона, формирующего утепляющий эффект фёнов («верховки»).

– Водоскат Учар – труднодоступный, но невероятно красивый маршрут, который ведет к одному из крупнейших водопадов Сибири. Фотографам здесь открываются уникальные возможности запечатлеть мощь природы и величие этого водного гиганта.

– Набирает обороты подводная экотропа. Дайвинг активно развивается в Алтайском заповеднике, как направление экологического туризма. Возможность исследовать тёмные и таинственные воды, увидеть подводный мир знаменитого Телецкого озера ежегодно привлекает сотни посетителей.

– «Алтайская сакура» – это ярко цветущие и привлекающие к себе кустарники маральника (рододендрон даурский) – визитная карточка Алтайского заповедника. В начале мая мест-

ные жители и туристы специально приезжают, чтобы сделать незабываемые фотографии этих нежных цветов на фоне зеленых лесов, голубого неба и озера.

– «Огоньки» (купальница азиатская) – это второй по своему обилию и красоте цветок, который притягивает и манит к себе почти каждого отдыхающего. В заповеднике можно встретить целые поля насыщенного оранжевого цвета. Нет ни одного посетителя, который прошел бы мимо, не сфотографировавшись с этим цветком.

– Звездное небо – еще один, если его так можно назвать «объект» в АГПЗ, который вызывает восхищение у посетителей заповедника. Многие останавливаются, чтобы запечатлеть этот удивительный ночной пейзаж, делясь своими впечатлениями о том, что в их родных краях такого звездного неба нет.

– Среди труднодоступных, но невероятно привлекательных для фотографов мест выделяется озеро Джулукуль, расположенное на высоте 2200 метров. Здесь открываются захватывающие панорамы реликтовой тундростепи и величественного Шапшальского хребта. Яркие желтые маки и стелющиеся заросли карликовой березки добавляют этому месту особый шарм, привлекая

внимание любителей природы и фотографии.

– Бассейн реки Богояш, окруженный северными отрогами хребта Чихачёва, также представляет собой уникальное место для фотосессий. Максимальная высота вершин здесь достигает 3054 метров, а вокруг верховья реки расположено самое большое скопление озер и болот. Эти живописные ландшафты с карстовыми провалами и мелкими

речушками создают идеальные условия для запечатления дикой природы.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

1. Анализ структуры произведений живописи.

В качестве первого примера при анализе пейзажной живописи приведем пример раннего творчества В. Ван Гога – картину «Пляж в Шевенингене в холодную погоду» (1883) (рис. 3).



Рисунок 3. В. Ван Гог. Пляж в Шевенингене в холодную погоду (1883)

На рисунках 4-5 приведено распределение в картине по цветам и ранговое распределение.

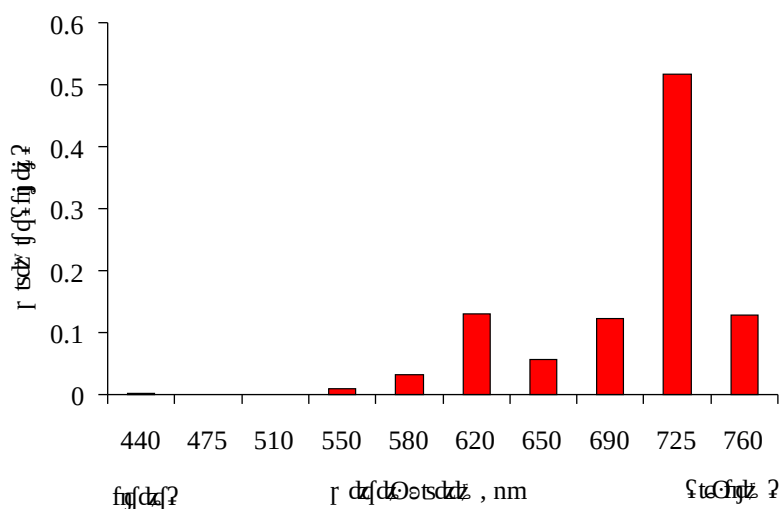


Рисунок 4. Цифровое распределение цветов от 440 до 760 нм по 10 равномерным диапозонам на картине «Пляж в Шевенингене в холодную погоду»

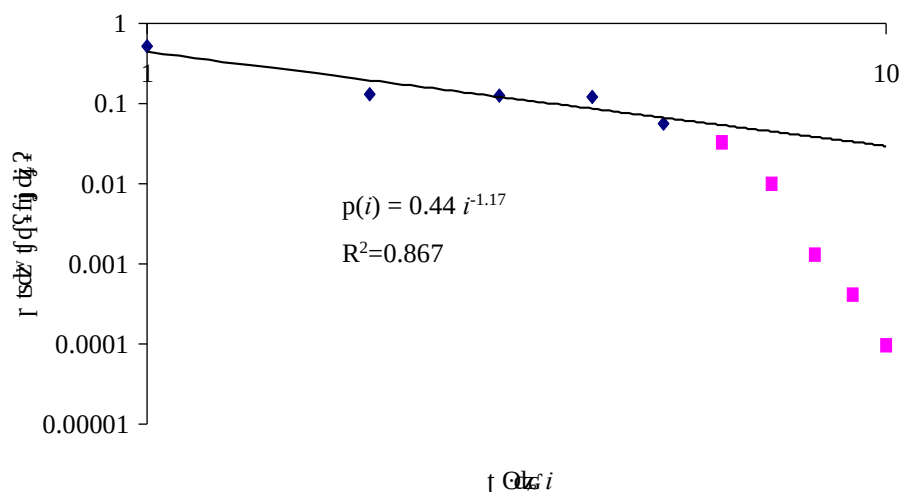


Рисунок 5. Ранговое распределение по цветам на картине «Пляж в Шевенингене в холодную погоду». 1 – значения, включенные в ранговое распределение, 2 – значения, не включенные в ранговое распределение.

Как видно, для образца раннего творчества В. Ван Гога отклонения от рангового распределения достаточно велико и о выполнении принципа опти-

мальности говорить нельзя. Но ситуация меняется, если рассмотреть работы Ван Гога периода расцвета его творчества (рис. 6, 7).

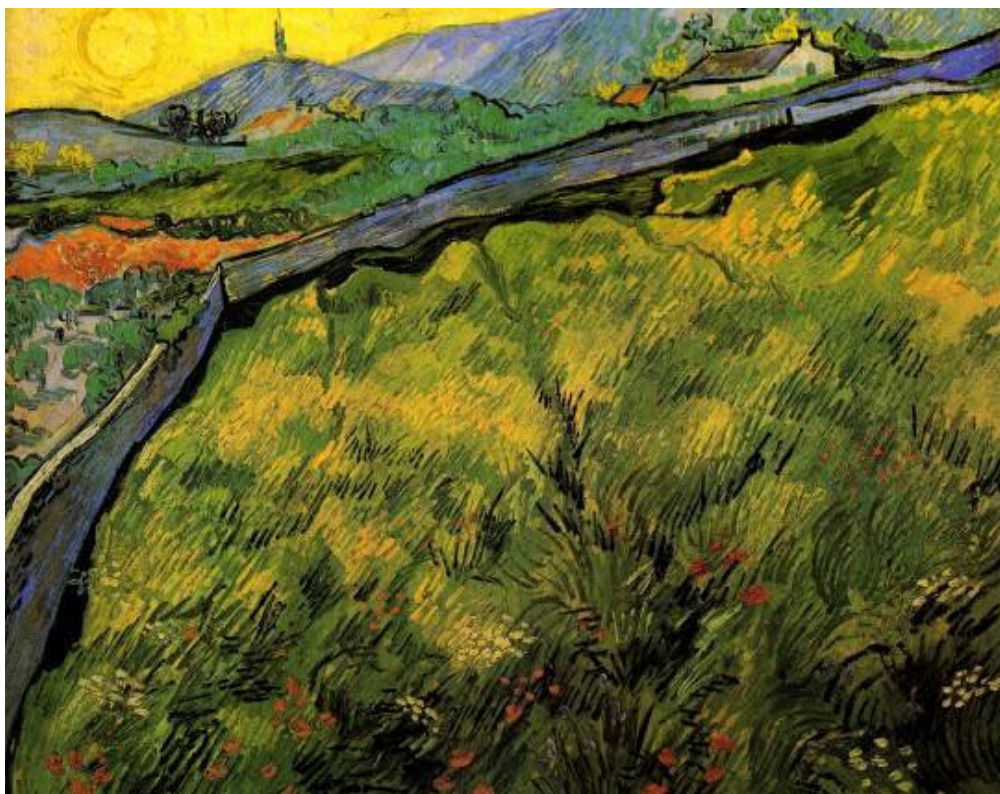


Рисунок 6. В. Ван Гог. Пшеничное поле на рассвете (1890)



Рисунок 7. В. Ван Гог «Поле с пахарем» (1889)

На рисунках 8 и 9 представлены ранговые распределения цветов на этих картинах.

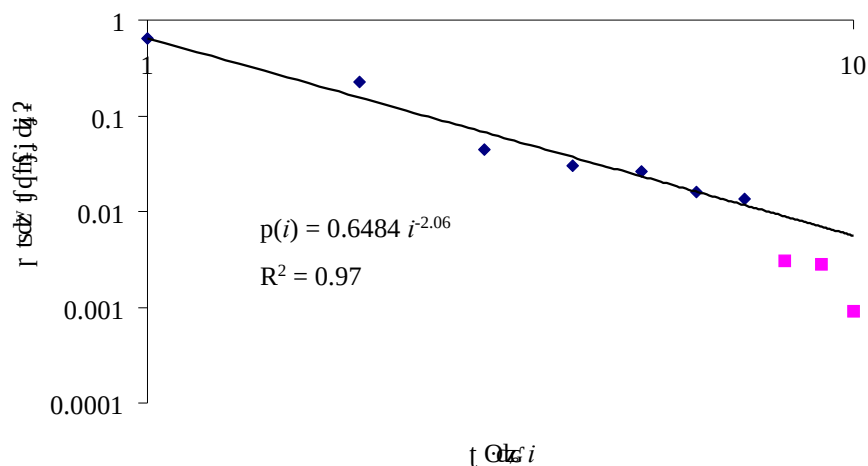


Рисунок 8. Ранговое распределение цветов на картине В. Ван Гога «Пшеничное поле на рассвете»

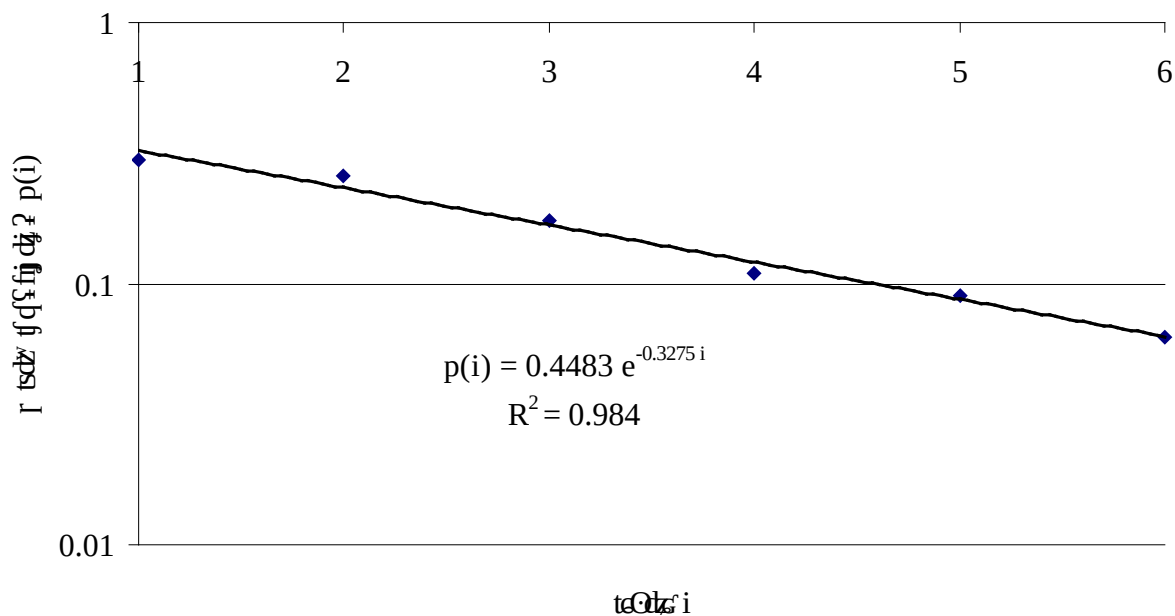


Рисунок 9. Ранговое распределение цветов на картине В. Ван Гога «Поле с пахарем»

Как видно из рисунка 8, и особенно рисунка 9, ранговое распределение цветов почти точно описывается уравне-

нием (7). Можно проследить эволюцию стиля Ван Гога (рис. 10).

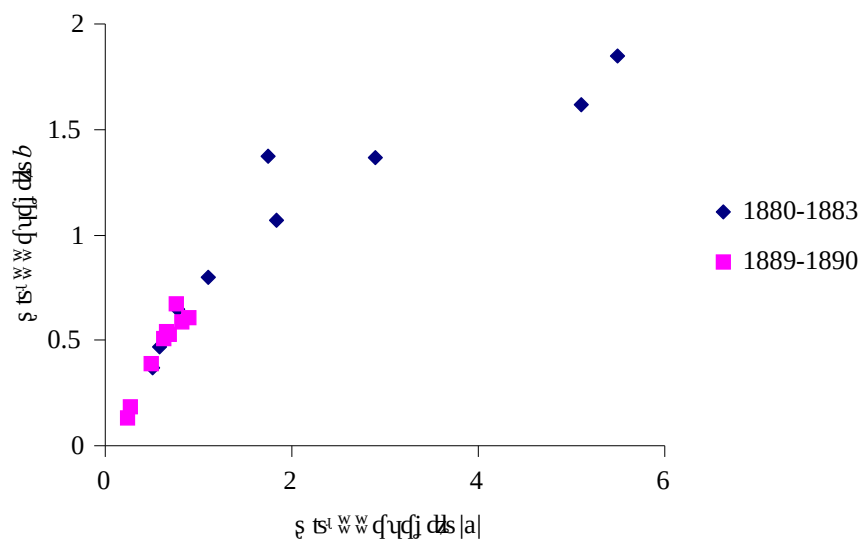


Рисунок 10. Эволюция стиля В. Ван Гога в период с 1880 по 1890 гг.

Для дальнейшего анализа можно взять картину другого великого художника – Яна Вермеера (рис. 11).



Рисунок 11. Ян Вермеер (1632–1675) «Девушка, читающая у окна»

На рисунке 12 приведено ранговое распределение цветов на этой картине.

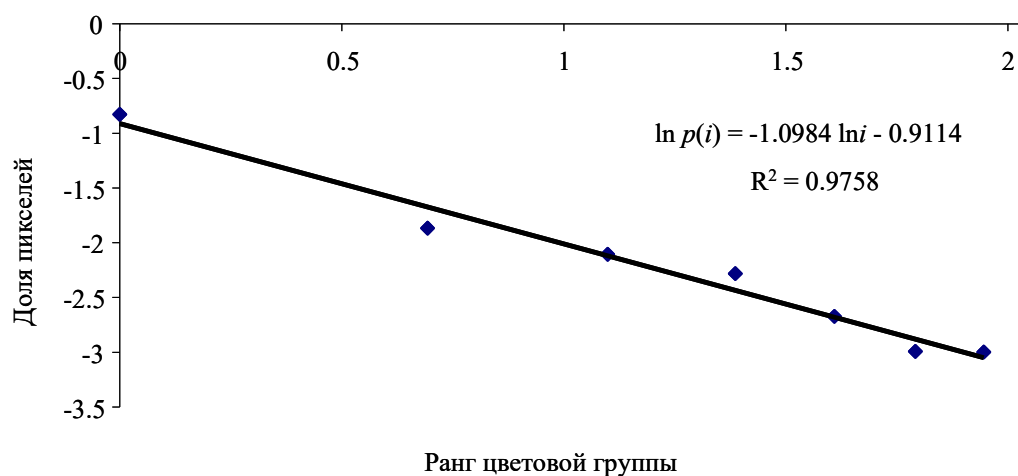


Рисунок 12. Распределение цветов для картины Я. Вермеера «Девушки, читающей у окна»

Как видно, и в этом случае, коэффициент детерминации для рангового распределения цветов очень близок к максимальному значению 1.

Если перейти к анализу нефигуративной живописи, то можно обратиться к работам такого классика абстрактного искусства, как Дж. Поллок (рис. 13, 14).

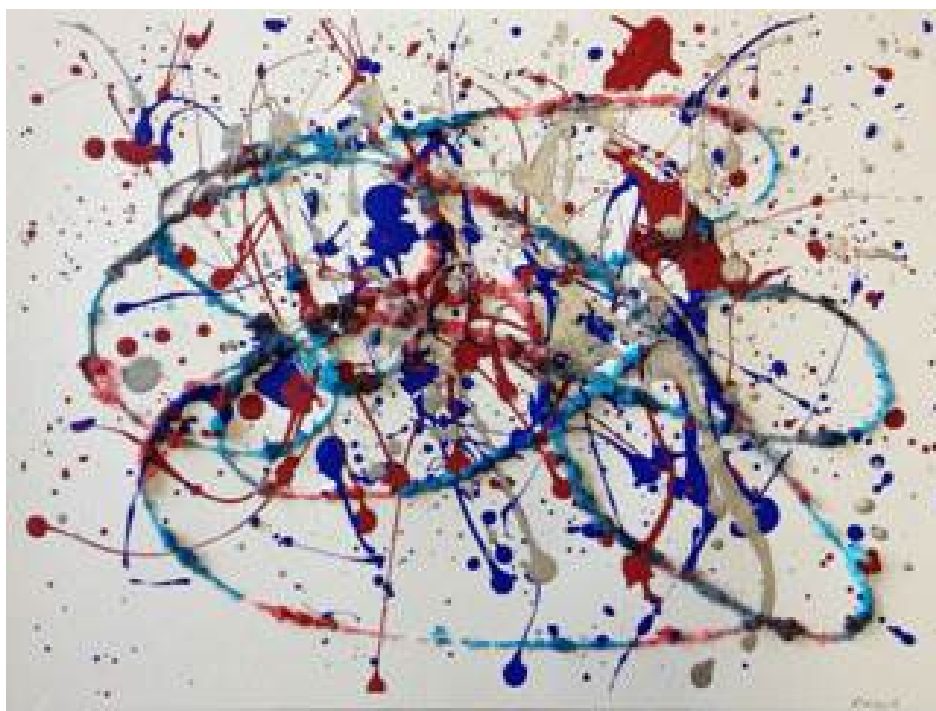


Рисунок 13. Дж. Поллок. ING 24_681



Рисунок 14. Дж. Поллок. Number 8

Ранговые распределения для этих картин приведены на рисунках 15 и 16.

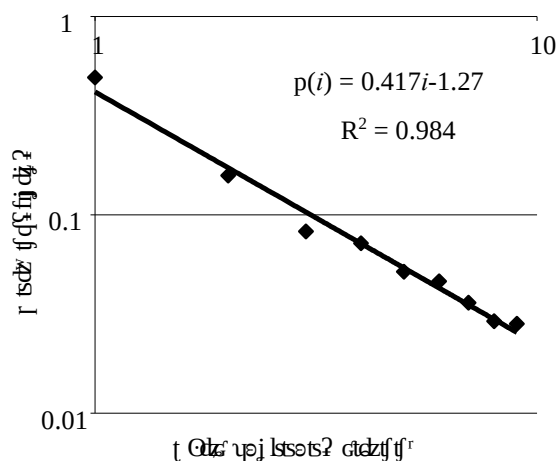


Рисунок 15. Ранговое распределение цветов на картине Дж. Поллока ING 24_681

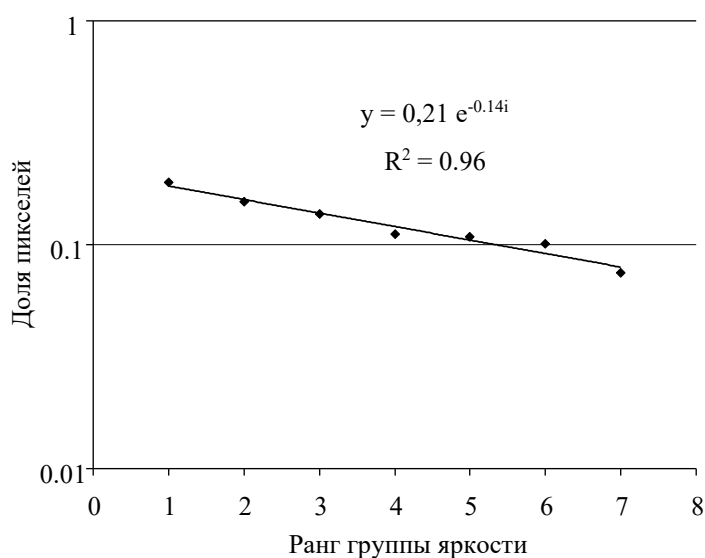


Рисунок 16. Ранговое распределение цветов на картине Дж. Поллока Number 8

Как видно из рисунков 15 и 16, точность аппроксимации распределения цветов на этих картинах весьма высока и коэффициенты детерминации R^2 близки к 1.

Аналогичный эффект можно наблюдать и для другого представителя абстрактного искусства – П. Мондриана (рис. 17).

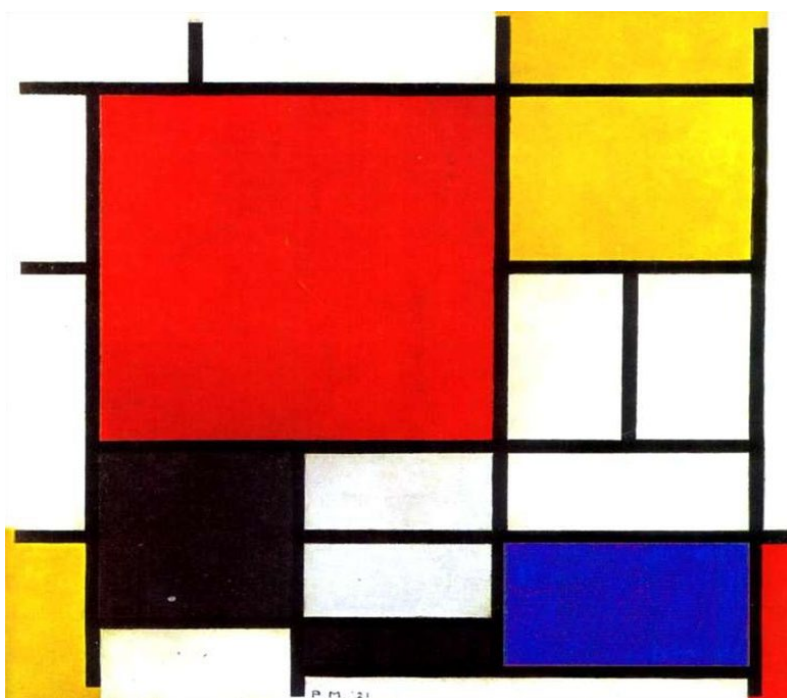


Рисунок 17. П. Мондриан. «Composition With Red, Yellow, And Blue» (1942)

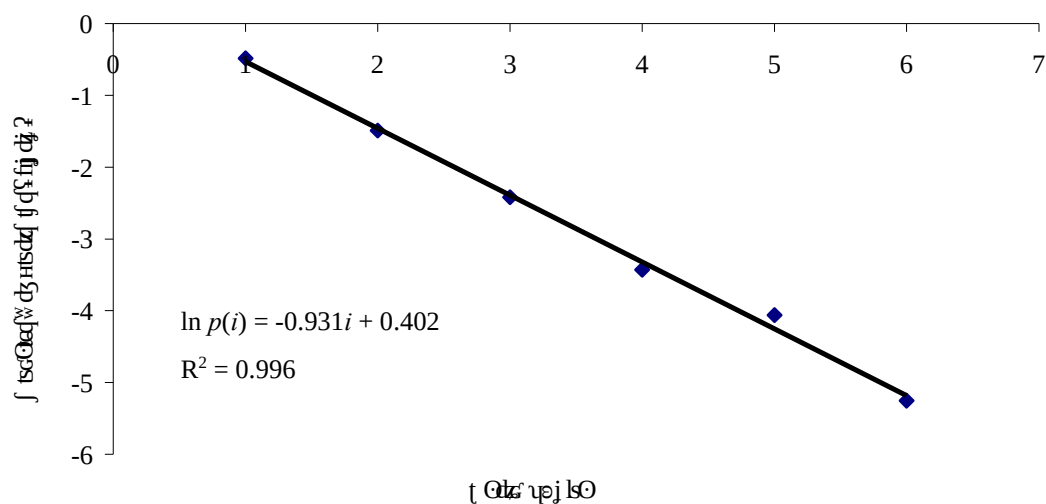


Рисунок 18. Ранговое распределение цветов на картине П. Мондриана «Composition With Red, Yellow, And Blue».

Наконец, обратимся к работе еще одного классика абстрактного искусства – В. Кандинского (рис. 19).



Рисунок 19. В. Кандинский. «Малая мечта в красном» (1925)

Как видно из рисунка 20, ранговое распределение цветов на этой картине

идеально ($R^2 = 0.964$) описывается уравнением (7).

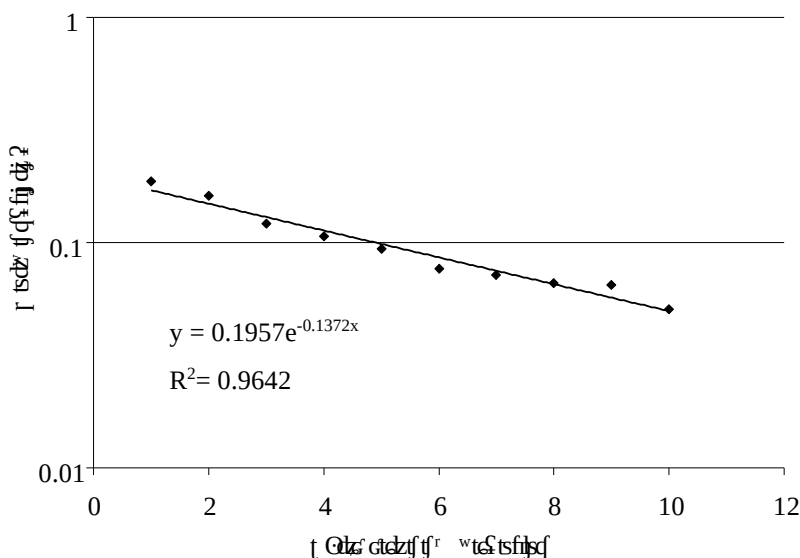


Рисунок 20. Ранговое распределение яркости на картине В. Кандинского «Малая мечта в красном»

Анализ рангового распределения цветов на большом числе картин известных художников разных эпох и, для сравнения, на детских рисунках, показал, что для всех анализирувавшихся картин признанных авторов характерно значение коэффициента детерминации рангового распределения, очень близкое к 1. При этом все ранги окраски хорошо ложатся на ранговое распределение, и коэффициент b для распределения не очень велик. Для детских картин, напротив, R^2 может быть значительно меньше

1, значительная часть цветов не укладывается на ранговое распределение и коэффициент b либо весьма велик, либо очень близок к 0.

Можно ли оценить стиль художника по характеристикам рангового распределения? Для ответа на этот вопрос проанализируем параметры b и R^2 ранговых распределений для 225 картин К. Моне. На рис. 21-24 приведены функции плотности распределения этих величин по цветности и яркости для рассмотренных картин.

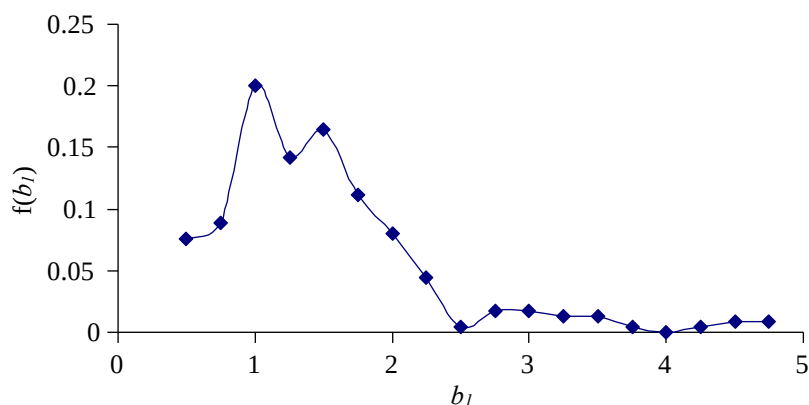


Рисунок 21. Функция плотности распределения b_1 по цветности для картин К. Моне

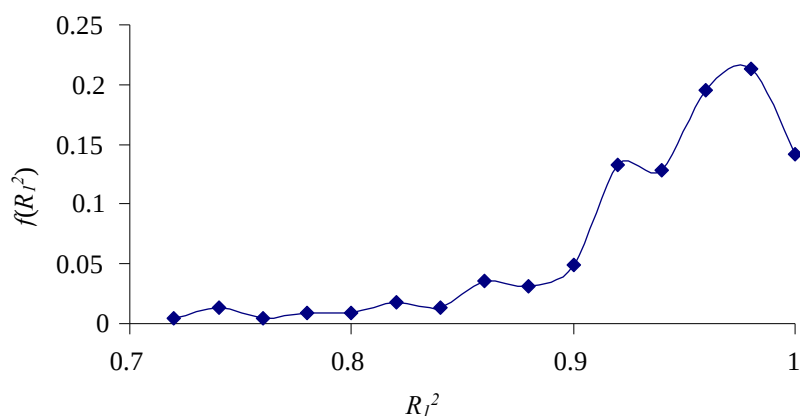


Рисунок 22. Функция плотности распределения R_1^2 по цветности для картин К. Моне

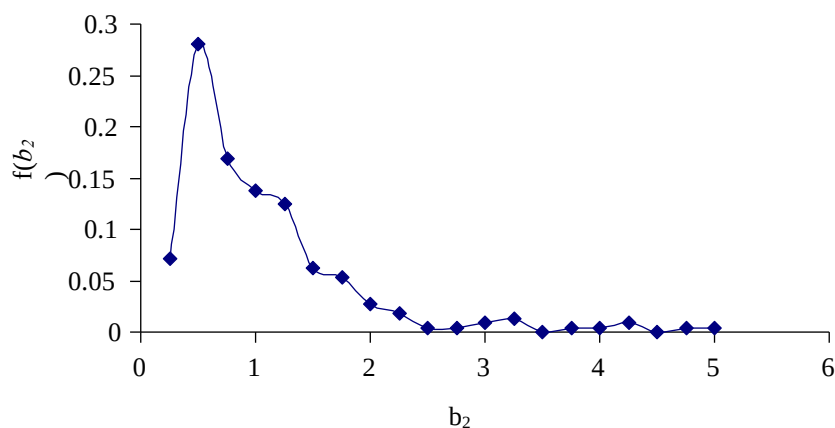


Рисунок 23. Функция плотности распределения b_2 по яркости для картин К. Моне

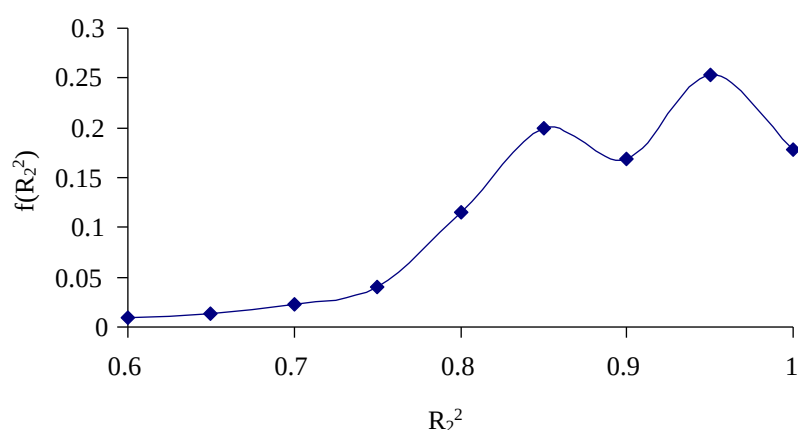


Рисунок 24. Функция плотности распределения R_2^2 по яркости для картин К. Моне

Как видно из рисунков 21-24, для этих функций распределения существует некоторое значение моды b_m , которое можно принять за оптимум параметра b . Значение моды функций распределения для параметра R_2 близки к 1. Тогда от абсолютных показателей R^2 и b можно перейти к показателям, нормированных относительно значений

$R^2 = 1$ и значений nb_1 для яркости и nb_2 для цветности.

$$nR_{ni}^2 = 1 - R_{ij}^2 \quad (11)$$

$$nb_{ni} = |b_{n0} - b_{ij}| \quad (12)$$

На рисунке 25 в плоскости $\{nb_1, nb_2\}$ приведены сопряженные значения b по цветности и яркости для картин К. Моне периода 1870-1900 гг.

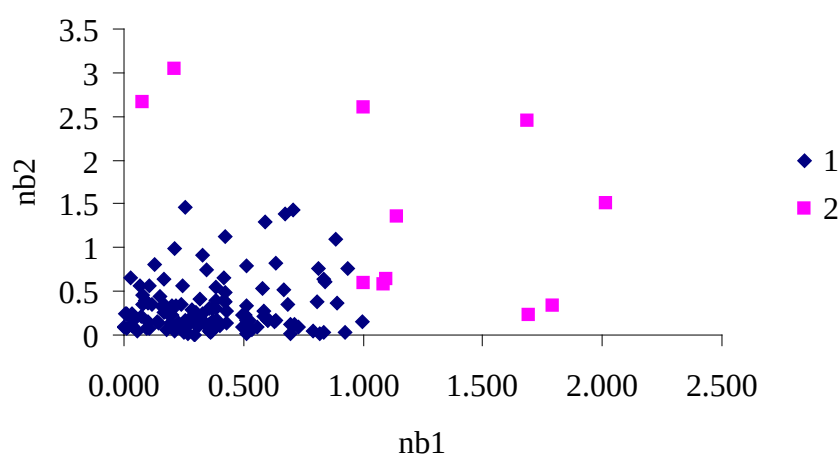


Рисунок 25. Сопряженные значения nb по цветности и яркости для картин К. Моне периода 1870-1900 гг. 1 – картины в зоне оптимума ранговых распределений; 2 – картины вне зоны оптимума ранговых распределений.

На основании рисунка 25, можно говорить о близости друг к другу рассмотренных картин К. Моне по показателям рангового распределения. При этом в зоне оптимума – области значений $nb1$ от 0 до 1 и значений $nb2$ от 0 до 1.5 находится 92% проанализированных картин художника. Можно предположить, что облако представленных по-

казателей характеризует объекты с высокими эстетическими характеристиками. Будем также считать, что у картин с большими значениями $nb1$ и $nb2$ эстетические характеристики ниже, чем у картин из первой группы. Для сравнения приведем репродукции картин К. Моне их первой и второй групп (рис. 26, 27).

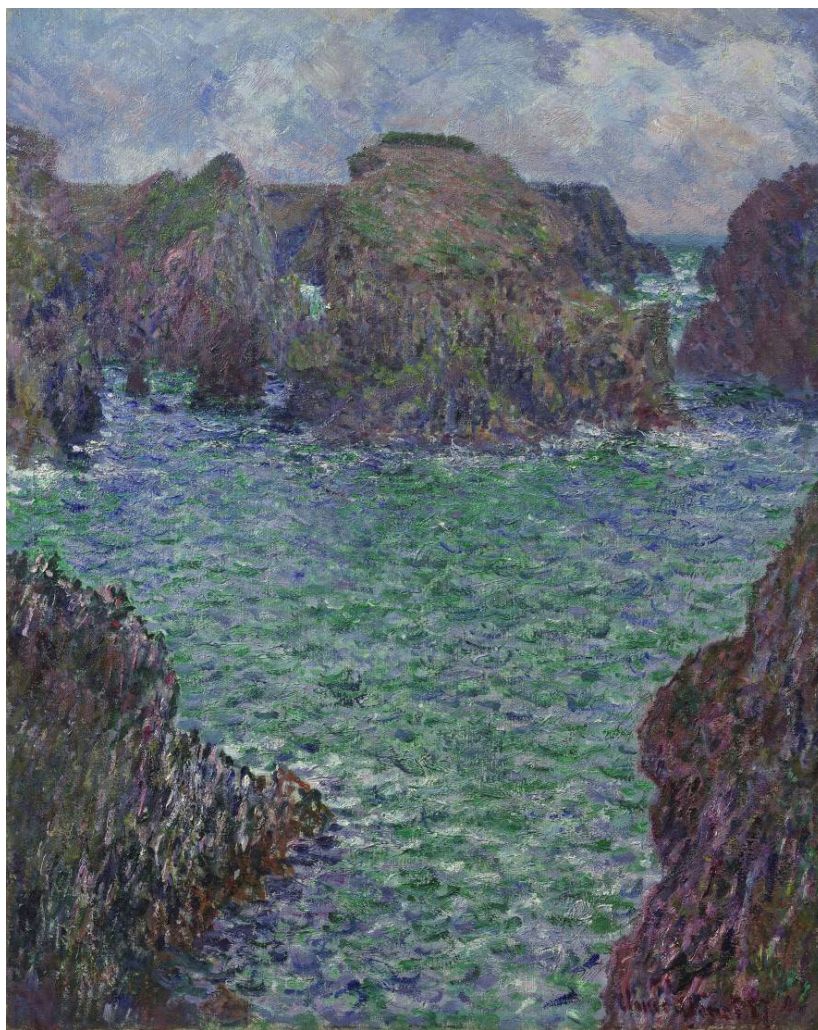


Рисунок 26. Картина К. Моне Belle-Ile, Port-Goulphar, 1887 (картина из первой группы с малыми значениями нормированных ранговых характеристик)

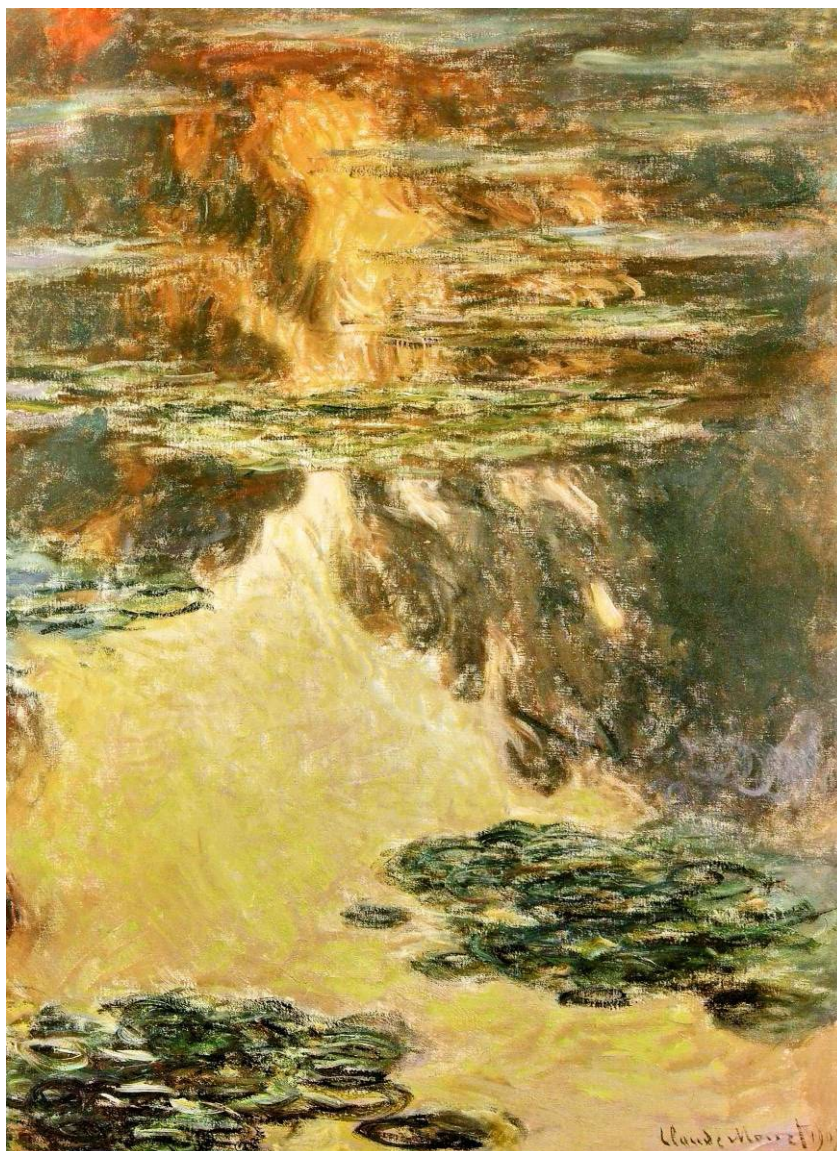


Рисунок 27. Картина К. Моне Water Lilies, 1907 (картина из второй группы с большими значениями нормированных ранговых характеристик)

2. Характеристики парковых пейзажей.

На рисунке 28 приведена фотография пейзажа японского парка из кол-

лекции Huntington Library, Art Museum and Botanical Gardens, San Marino, California, U.S.A.



Рисунок 28. Вид японского парка (фотография из коллекции Huntington Library, Art Museum and Botanical Gardens, San Marino, California, U.S.A)

Ранговое распределение цветов на фотографии приведено на рисунке 29.

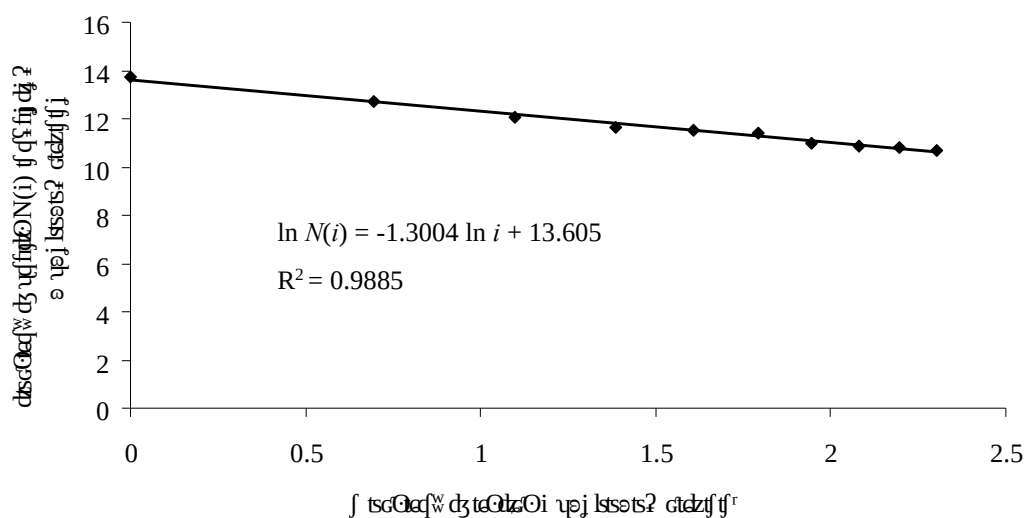


Рисунок 29. Ранговое распределение цветов на фотографии японского парка (рис. 28)

Как видно, японский мастер (мастера?) построил свой пейзаж практически идеально в соответствии с законами рангового распределения

($R^2 = 0.988!$).

Не с меньшим мастерством построили свой парк английские специалисты (рис. 30).



Рисунок 30. Вид английского парка (18th-century landscape garden, Wilton House, Salisbury, England, GB).

Характеристики рангового распределения пейзажа английского парка приведены на рисунке 31.

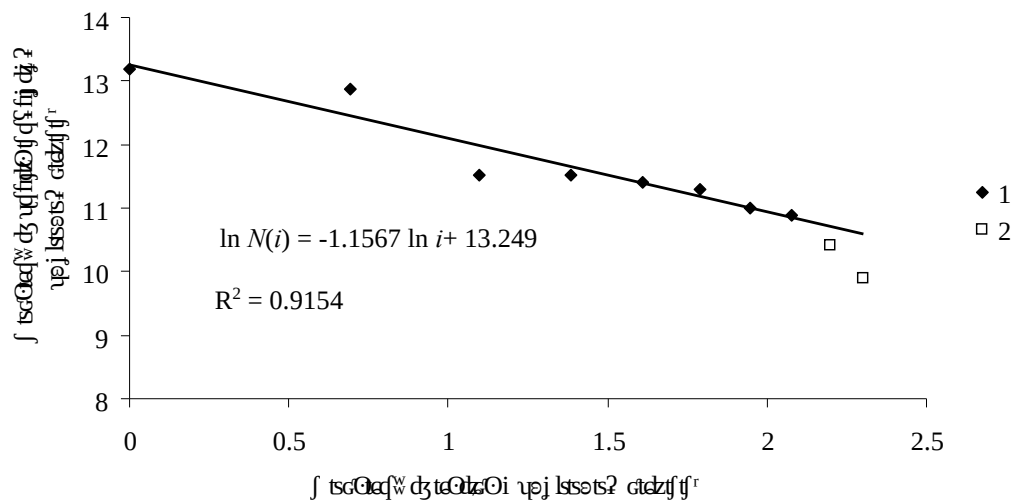


Рисунок 31. Распределение Ципфа-Парето пикселей цветových групп фотографии английского парка

После подсчета характеристик большего числа фотографий японских и английских парков были получены средние значения параметров ранговых распределений для этих художественных объектов, которые сопоставлялись с характеристиками пейзажей великого голландского живописца Я. ван Рейсдала (табл.1).

Таблица 1. Средние значения параметров ранговых распределений, коэффициент детерминации R^2 и его достоверность p -value для различных художественных объектов

Тип изображения	Тип переменной	A	B	R^2/p -value
японский парк	Цветность	-0.78	1.12	0.97/0.0009
	Яркость	-1.34	0.35	0.96/0.001
английский парк	Цветность	-0.62	0.74	0.96/0.001
	Яркость	-1.28	0.24	0.96/0.001
пейзажи Я. ван Рейсдала	Цветность	-1.02	0.19	0.95/0.0017
	Яркость	0.53	0.84	0.96/0.001

Как показано в таблице 1, характеристики рангового распределения для парковых изображений и картин достаточно близки, и для оценки эстетической ценности как парковых, так и живописных пейзажей можно использовать предлагаемый в настоящей работе подход.

Таким образом, «инструмент» рангового распределения по цветности и яркости можно использовать для цифровой оценки вида парков.

Наконец, после анализа художественных объектов можно перейти к анализу несформированных для получения художественного впечатления ландшафтов, как это сделано для парков. Но в художественном плане эти

объекты, по мнению фотографа, обладают определенной эстетической ценностью.

На рисунках 32 и 33 приведены фотография участков леса в окрестностях Красноярска.



Рисунок 32. Окрестности Красноярска. Гремячая Грива1 (фото О. В. Тарасовой). Парковые виды по показателю цветности ($R^2 = 0.95$; $b = 1.30$)



Рисунок 33. Окрестности Красноярска. Гремячая Грива 2 (фото О. В. Тарасовой). Парковые виды по показателю цветности ($R^2 = 0.92$; $b = 0.56$)

Если сравнить специально сформированные пейзажи в парках Англии и Японии с почти нетронутыми дизайнерами пригородными пейзажам в сибирских лесах (рис. 34), то можно заключить, что параметры рангового распределения парков Сибири, Японии и Англии значительно отличаются друг от друга. Парк в Сибири характеризуется меньшим значением коэффициента R^2

и значений коэффициента a по сравнению с парками Японии и Англии, в которых сильнее выделяется цвет ранга 1, и несколько менее падают доли пейзажа, приходящегося на миноритарные цвета. Тем не менее, во всех случаях пейзажи разного типа можно анализировать, используя характеристики рангового распределения его фотографии.

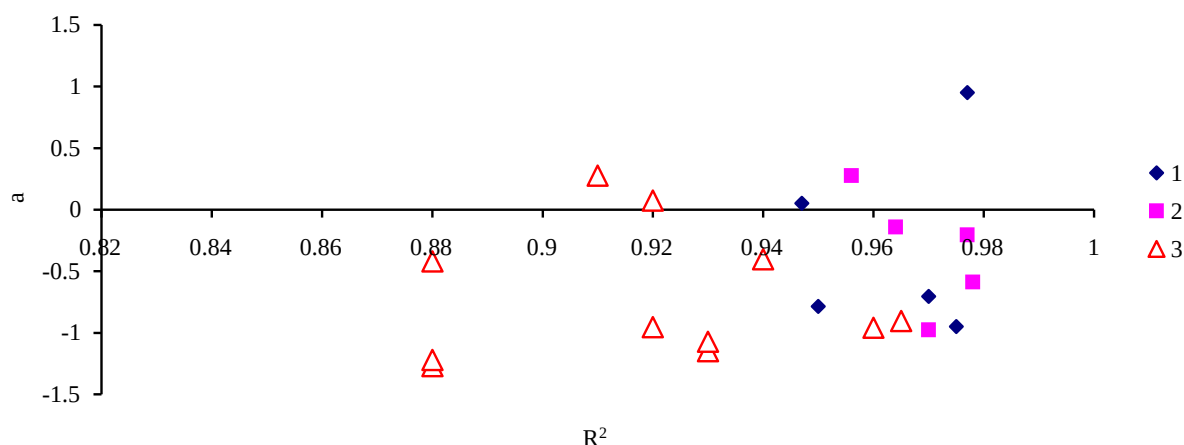


Рисунок 34. Характеристики ранговых распределений пейзажей. 1 – Япония, 2 – Англия, 3 – Сибирь

Из рисунка 34 можно заключить, что пейзажи в окрестностях Красноярска недостаточно подготовлены для того, чтобы доставить эстетическое впечатление по сравнению с работами художников и мастеров паркового ландшафта, что, собственно, не удивительно. Если бы было иначе, не нужны были бы мастера живописи и паркового искусства. Но важно то, что использование характеристик рангового распределения двумерных изображений (картин или фотографий) несет информацию об эстетической ценности этих объектов.

3. Оценки эстетических характеристик ландшафтов на территории Алтайского государственного заповедника.

Алтайский государственный природный заповедник – это настоящая сокровищница для любителей фотографии

природных ландшафтов, где каждый уголок наполнен уникальной красотой и вдохновением. Потрясающие ландшафты, от величественных гор и прозрачных вод Телецкого озера до ярких цветущих полей маральника и звездного неба, создают идеальные условия для запечатления волшебства природы. Виды Алтайского заповедника много раз фиксировались на фотографиях и эти фотографии можно использовать для оценки эстетической полезности ландшафтов заповедника. Обычно художественную ценность фотографий определяют экспертным способом. Это сложно и ненадежно, так как выбор наилучших фотографий зависит от состава экспертной комиссии и трудно объективно определить, чем плохая фотография отличается от хорошей. Однако и при использовании количественных методов возникает

вопрос: а почему именно эти количественные показатели характеризуют эстетические свойства объекта? При анализе фотографий ландшафтов Алтайского заповедника будем предполагать, что все они сделаны достаточно квалифицированными фотографами, способными выбрать соответствующие ракурсы. По нашему предположению, при построении художественного объекта (картины или пейзажа) автор старается выполнить два основных условия: ранговое распределение цветов и яркости изображения должно подчиняться закону Ципфра-Парето или закону Мандельброта (то есть коэффициент детерминации R^2 должен быть близок к 1) и коэффициент b рангового распределения должен быть близок к некоторому оптимальному для данного типа изображений значению). Но возможны две причины того, что ранговое распределение для фотографии не удовлетворяет этим условиям. Первая из причин – низкая квалификация исполнителя, а вторая – малая эс-

тетическая ценность данного пейзажа, который невозможно представить при тех условиях, которые накладывает теория ранговых распределений. Таким образом, при условии, что фотография сделана квалифицированным специалистом, коэффициент детерминации для «красивого» пейзажа должен быть близко к 1, а коэффициент b рангового распределения должен быть близок к некоторому оптимальному значению.

Для всех 128 представленных фотографий из 8 разных местообитаний с использованием специальной оригинальной компьютерной программы были выполнены расчеты ранговых распределений изображений и получены распределение пикселей изображения по цвету и яркости. Для получения сопоставимых показателей пиксели всех цветов и яркостей нормировались на общее число пикселей в данной фотографии. На рисунке 35 приведено типичное ранговое распределение по цветности типа (6) для фотографии Водоската Учар 14.

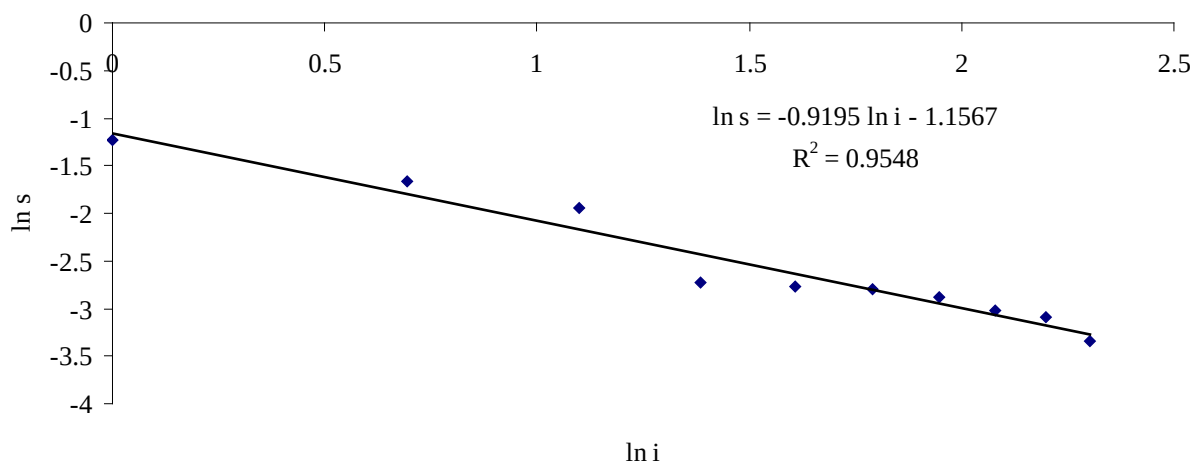


Рисунок 35. Ранговое распределение пикселей по цветам для фотографии Водоската Учар 14

Как видно из рисунка 35, значение $R^2 \approx 0.96$, то есть ранговое распределение очень хорошо описывается уравнением Ципфа-Парето.

В таблицах 1П и 2П Приложения приведены расчетные данные для всех фотографий из всех местообитаний по величинам цветности и яркости.

На рисунке 36 приведена функция плотности распределения по всем фотографиям по коэффициенту детерминации R^2 для яркости, а на рисунке 37 – функция плотности распределения по всем фотографиям по коэффициенту детерминации R^2 для цветности.

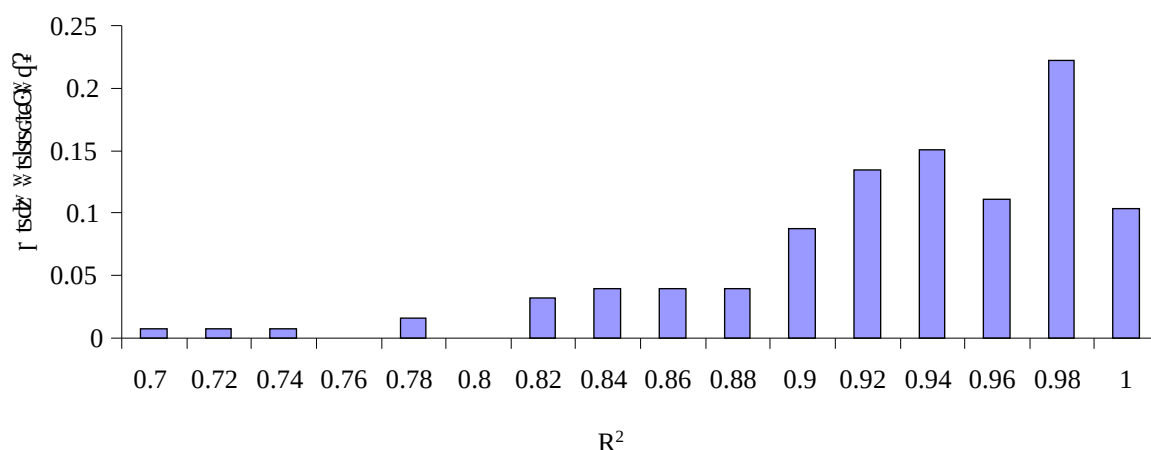


Рисунок 36. Функция плотности $f(R^2)$ распределения по всем фотографиям по коэффициенту детерминации для яркости

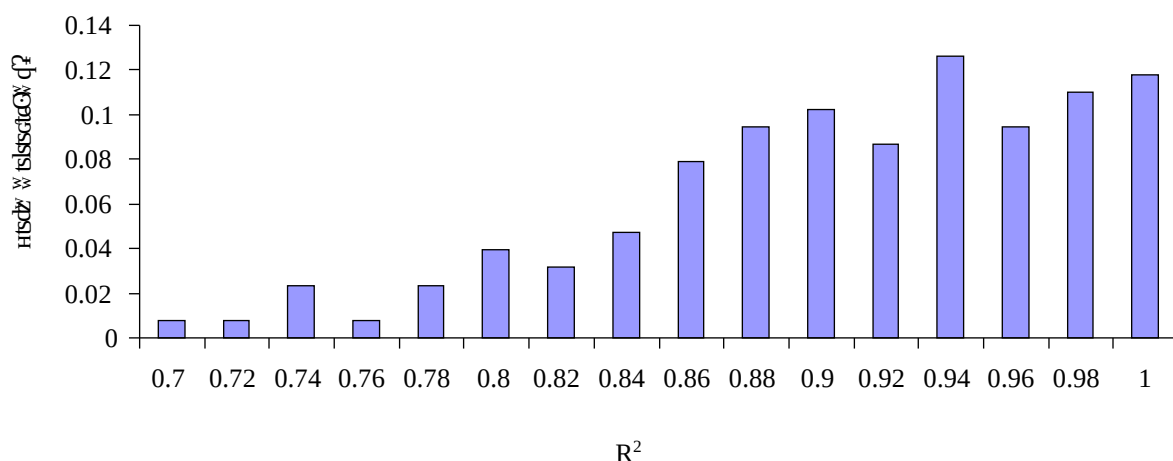


Рисунок 37. Функция плотности $f(R^2)$ распределения по всем фотографиям по коэффициенту детерминации для цветности

Как видно, большинство значений коэффициента детерминации по яркости превышает 0.90, а для цветности – 0.86, то есть для большинства фотографий выполняется правило близости коэффициента детерминации к 1. Очень небольшие доли фотографий можно рас-

считывать как фотографии с низкими эстетическими характеристиками. Точно так же, как были получены функции плотности распределения по коэффициенту детерминации, были вычислены функции плотности распределения по коэффициенту b (рис. 38, 39).

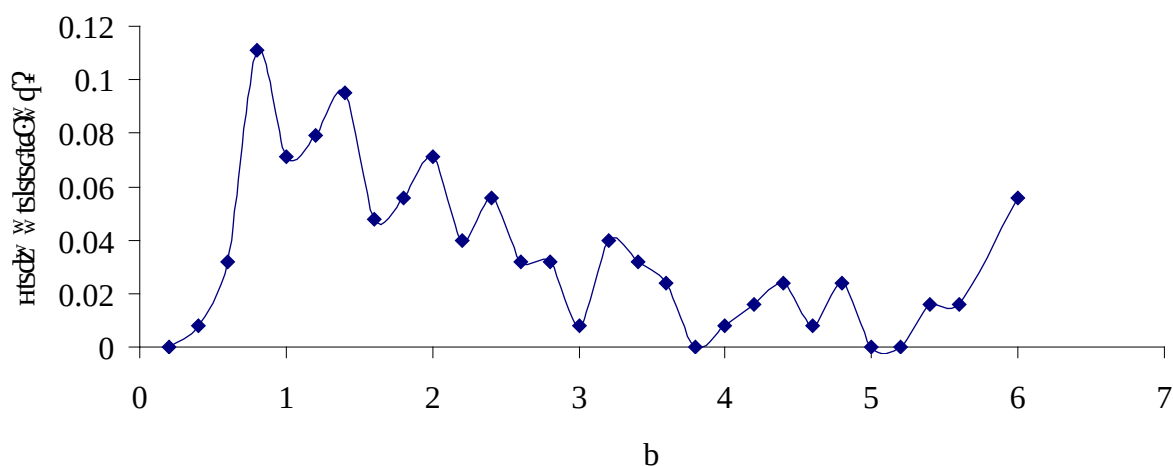


Рисунок 38. Функция плотности распределения по коэффициенту b для показателя яркости фотографий из Алтайского заповедника

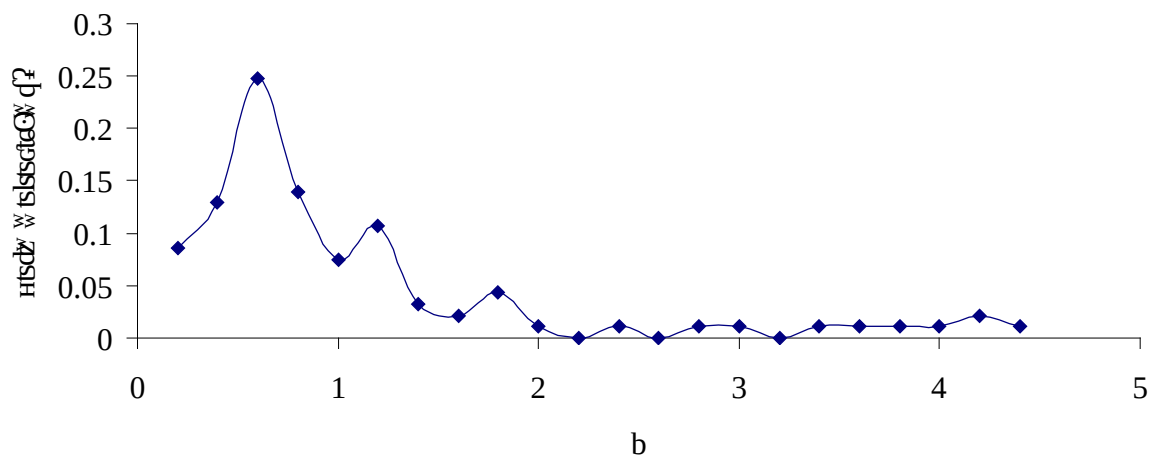


Рисунок 39. Функция плотности распределения по коэффициенту b для показателя цветности фотографий из Алтайского заповедника

Как видно из рисунков 38 и 39, для этих функций распределения существует некоторое значение моды b_m , которое можно принять за оптимум параметра b . Тогда от абсолютных показателей R^2 и b можно перейти к показателям (11) и (12), нормированных относительно значений $R^2 = 1$ и значений $nb1$

для яркости и $nb2$ для цветности. Далее пересчитываем данные из таблиц 2 и 3 согласно выражениям (11) и (12) и получаем нормированные представления параметров рангового распределения для показателей цветности и яркости (рис. 40, 41).

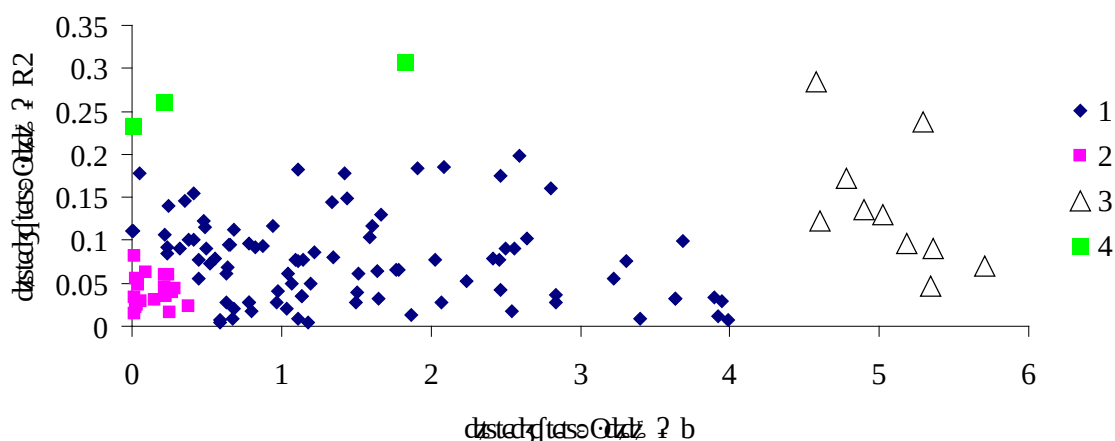


Рисунок 40. Характеристики фотографий по цветности в нормированных характеристиках рангового распределения b и R^2 . 1 – средние по характеристикам фотографии; 2 – самые лучшие фотографии; 3 – специфические фотографии (скорее плохие); 4 – самые плохие фотографии

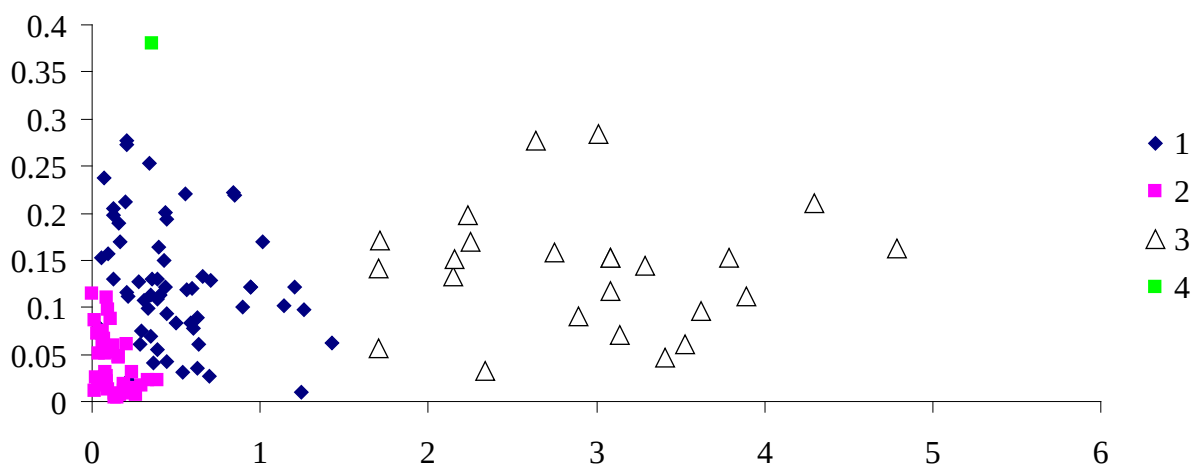


Рисунок 41. Характеристики фотографий по яркости в нормированных характеристиках рангового распределения b и R^2 . 1 – средние по характеристикам фотографии; 2 – самые лучшие фотографии; 3 – специфичные фотографии (скорее плохие); 4 – самые плохие фотографии

Из выражений (11) и (12) следует, что наилучшим по показателям ранговых распределений будут фотографии с параметрами nb и nR^2 , близкими к 0, а наихудшими – с самыми большими значениями этих параметров. Картина здесь точно такая же, как и при анализе характеристик картин К. Моне. Но в отличие от гения живописи, почти всегда (может быть, за исключением самого позднего периода его творчества, когда у него ухудшилось зрение) создававшего картины с нормированными характеристиками ранговых распределений, близкими к 0, разброс значений нормированных характеристик ранговых распределений для рассмотренных фотографий много больше и этот разброс можно ин-

терпретировать как наличие фотографий с низкими эстетическими характеристиками. В таблицах 3П и 4П приведены списки наилучших (группа 2) и наихудших (группа 4) по предлагаемым показателям фотографий.

Как видно, например, из таблицы 4П, предлагаемый подход позволил автоматически и неэкспертным путем выделить фотографии групп «Ночное небо» и «Подводный мир».

Согласно данным таблиц 3П и 4П, наилучшими по своим эстетическим свойствам следует признать фотографии из группы «Водоскат Учар».

Расчеты по показателям цветности и яркости отражают разные характеристики фотографий и было бы желательно

объединить эти показатели в один, интегрально характеризующий фотографию.

Для этого рассмотрим каждую из фотографий в плоскости $\{nb1, nb2\}$ (рис. 42).

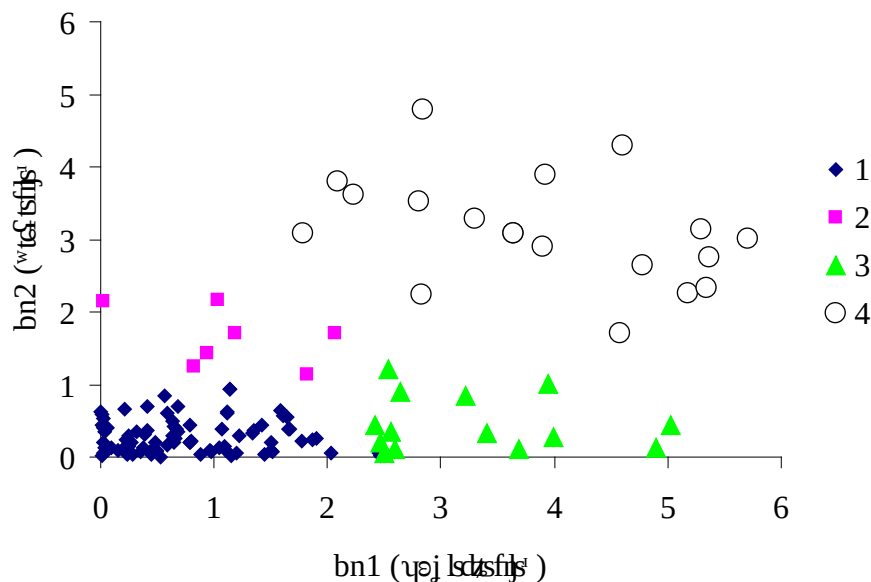


Рисунок 42. Характеристики фотографий в плоскости $\{nb1, nb2\}$

Как видно из рисунка 42, все фотографии можно разделить на 4 группы – группу 1 с наилучшими по эстетическим характеристикам фотографиями, группу 4 – с наихудшими по этим характеристикам фотографиями, и промежуточные группы 2 и 3. В таблице 5П приве-

дены характеристики всех фотографий в координатах $\{nb1, nb2\}$.

Используя метод линейного дискриминантного анализа, можно оценить качество классификации фотографий по группам (табл. 2).

Таблица 2. Классификационная матрица для разделения фотографий по группам

группы	процент	G_1:1	G_2:2	G_3:3	G_4:4
G_1:1	100.0000	83	0	0	0
G_2:2	100.0000	0	19	0	0
G_3:3	100.0000	0	0	7	0
G_4:4	87.5000	2	0	0	14
Total	98.4000	85	19	7	14

Как показано в таблице 2, классификационная матрица имеет практически

диагональный вид, что говорит о высоком качестве разделения по предложенным по-

казателям. Это хорошо иллюстрируется по-

казателями lambda Wilk's (табл. 3)

Таблица 3. Суммарные характеристики дискриминантного анализа фотографий

Discriminant Function Analysis Summary (Spreadsheet1) No. of vars in model: 2; Grouping: Var1 (4 grps) Wilks' Lambda: .04338 approx. F (6,240)=152.05 p<0.0000						
	Wilks' - Lambda	Partial - Lambda	F-remove - (3,120)	p-value	Toler.	1-Toler. - (R-Sqr.)
Var2	0.117357	0.369651	68.2101	0.000000	0.965384	0.034616
Var3	0.248875	0.174308	189.4784	0.000000	0.965384	0.034616

На рисунках 43–50 приведены примеры фотографий из групп 1–4.



Рисунок 43. Маральник 10. Группа 1. Фото Р. Воробьева, Т. Клименко



Рисунок 44. Водопад Корбу 08. Группа 1. Фото Е. Чертковой



Рисунок 45. Подводный мир 03. Группа 2. Фото Р. Воробьева, Т. Клименко



Рисунок 46. Водоскат Учар 04. Группа 2. Фото М. Лукашевой



Рисунок 47. Телецкое озеро 05. Группа 3. Фото Р. Воробьева, Т. Клименко

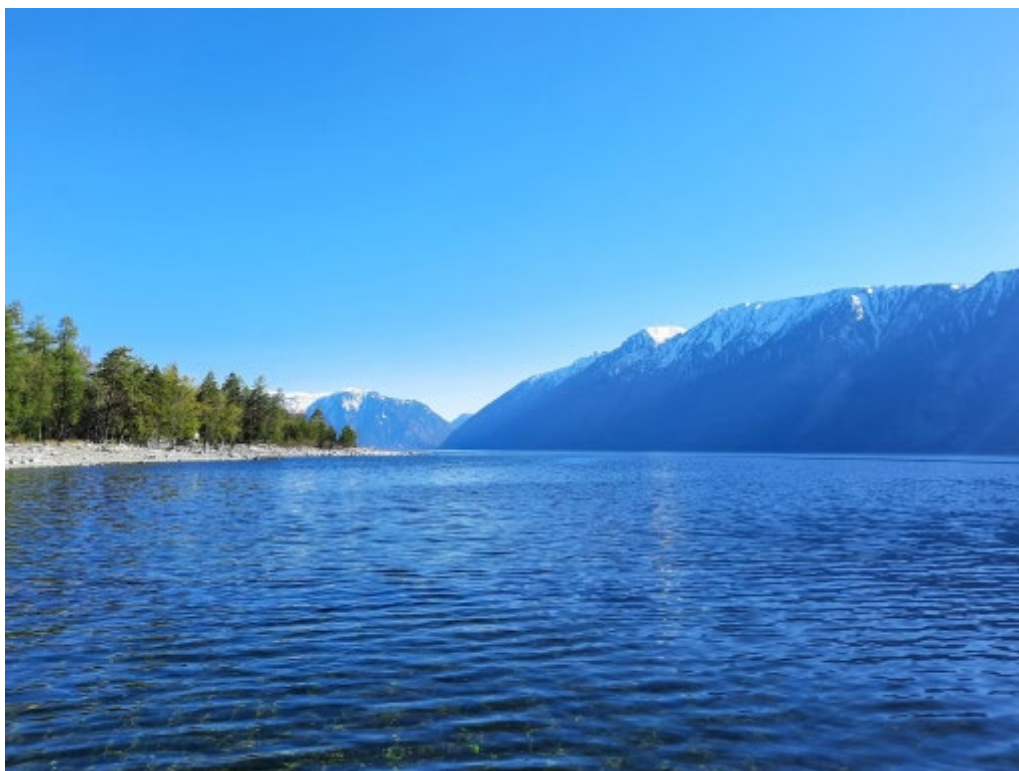


Рисунок 48. Телецкое озеро 02. Группа 3. Фото Р. Воробьева, Т. Клименко



Рисунок 49. Ночное небо 01. Группа 4. Фото Р. Воробьева, Т. Клименко



Рисунок 50. Подводный мир, 07. Группа 4. Фото Р. Воробьева, Т. Клименко

В табл. 4 приведено значения долей от фотографий группы 1 (наилуч-

ших по качеству) из общего числа фотографий разных местообитаний.

Таблица 4. Доли фотографий группы 1 (наилучших по качеству) из общего числа фотографий разных местообитаний

Место	Число фото группы 1	Всего фото	Доля фото группы 1
Водопад Корбу	15	15	1
Маральник	14	14	1
цветы огоньки	14	15	0.93
Водоскат Учар	15	17	0.88
Богояш, джулукуль	12	14	0.86
Телецкое озеро	11	17	0.65
Подводный мир	2	18	0.11
Ночное небо	0	18	0.00
Всего:	83	128	0.65

Таким образом, по использованным характеристикам можно выделить пять местообитаний (Водопад Корбу, маральник, цветы огоньки, Водоскат Учар и Богояш, джулукуль) с наилучшими пейзажами. Пейзажи Телецкого озера близки к средним значениям пейзажей для всего заповедника. Пейзажи Подводный мир и Ночное небо характеризуются очень низкими значениями качества.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В настоящем тексте предпринята попытка «поверить алгеброй гармонию». Насколько нам известно, ранее никем таких попыток не предпринималось и предлагаемый подход оригинален. Предложенный подход к оценке эстетических характеристик изображений опробован на таких тест-объектах, как картины художников-классиков и парковые объекты, и показал свою эффективность. Конечно, имело бы смысл усилить доказательность предлагаемого подхода на большем числе художественных объектов. Но авторы полагают, что такие исследования – предмет скорее искусствознания, а не лесной экологии. Тем не менее, возникает вопрос о том, можно ли трехмерный пейзаж описывать так, как будто это дву-

мерная картина. Неясно, связана ли низкая оценка характеристики такого объекта, как Ночное небо, с тем, что это не двумерный, а трехмерный объект. Возможно, стоило бы попробовать оценивать пейзажные объекты в трех проекциях, выполняя фотографии объекта сбоку с помощью фотоаппарата, а сверху – с помощью беспилотного летательного аппарата. Как специалисты в области естественных наук, авторы всегда выступают за увеличение объема информации об объекте. Тем не менее, как видно из представленного текста, даже использование двумерной плоскости для представления трехмерных пейзажных объектов позволяет сопоставить эти объекты с двумерными объектами – эталонными картинами и получить определенную информацию об эстетических характеристиках пейзажей.

БЛАГОДАРНОСТИ

Авторы благодарят фотографов, предоставивших свои фотографии пейзажей Алтайского заповедника для цифрового анализа. Без их усилий все размышления авторов остались бы только теорией.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Акимова Т. А., Калмыков И. В. Исторические предпосылки придания Алтайскому заповеднику статуса «биосферный» // Биосферное хозяйство: теория и практика. 2017. № 2(3). С. 5–14.
- Гонсалес Р., Вудс Р. Цифровая обработка изображений. М.: Техносфера, 2005. 1072 с.
- Лесохозяйственный регламент ФГБУ «Алтайский государственный природный заповедник», Министерство природных ресурсов и экологии Российской Федерации. Горно-Алтайск, 2022. 90 с.
- Малешин Н. А., Золотухин Н. А., Яковлев В. А., Собанский Г. Г., Стахеев В. А., Сыроечковский Е. Е., Рогачева Э. В. Алтайский заповедник / Заповедники Сибири. Т.1. Д. С. Павлова, В. Е. Соколова Е. Е. Сыроечковского (ред.). М.: ЛОГАТА, 1999. С. 58–72.
- Наблюдение и изучение явлений и процессов в природном комплексе заповедника по программе Летописи природы: научный отчет. ФГБУ «Алтайский государственный заповедник». Горно-Алтайск, 2023. Т. 53. 322 с.
- Парето В. Компендиум по общей социологии. М.: Изд. Дом ГУ ВШЭ, 2008. 511 с.
- Раушенбах Б. В. Пространственные построения в живописи: Очерк основных методов, М.: Наука, 1980. 289 с.
- Раушенбах Б. В. Системы перспективы в изобразительном искусстве: общая теория перспективы, М.: Наука, 1986. 256 с.
- Раушенбах Б. В. Геометрия картины и зрительное восприятие. СПб.: Азбука-классика, 2001. 320 с.
- Самойлова Г. С. Физико-географические особенности Северо-Восточного Алтая // Природа очагов клещевого энцефалита на Алтае. Новосибирск: Наука, 1967. С. 5–20.
- Черткова Е. П. Инвентаризация флоры и фауны территории Алтайского государственного заповедника за период с 2000–2019 гг. // Мониторинг состояния природных комплексов и многолетние исследования на особо охраняемых природных территориях / Материалы заочной конференции Саяно-Шушенского биосферного заповедника. Вып. 3. Шушенское: Государс-

твенный природный биосферный
заповедник «Саяно-Шушенский»,
2019. С. 110–117.

Экосистемные услуги России: прототип
национального доклада. Том 1. Ус-
луги наземных экосистем / Е. Н. Бук-
варёва, Д. Г. Замолотчиков (ред.).
М.: Изд-во Центра охраны дикой
природы, 2016. 148 с.

Costanza R., d'Arge R., de Groot R. The val-
ue of the world's ecosystem services
and natural capital // *Nature*. 1997.
Vol. 387. P. 253–260.

Daily G. *Nature's services: societal depend-
ence on natural ecosystems*. Washing-
ton, DC: Island Press, 1997. 392 p.

Livio M. *The Golden Ratio: the story of PHL,
the World's Most Astonishing Number*.
N.Y.: Broadway Books, 2002. 299 p.

Mandelbrot B. *Information Theory and
Psycholinguistics / Scientific Psy-
chology: Principles and Approaches*.
B. B. Wolman and E. Nagel (Eds.).
New York: Basic Books, 1965. 620 p.

Pareto V. *Cours d'économie politique pro-
fesse a l'Universite de Lausanne*.
Lausanne: F. Rouge, 1897. 426 p.

Zipf G. K. *Human behavior and the principle
of least effort*. 1949. Cambridge
(Mass.): Addison-Wesley Press, 1949.
573 p.

REFERENCES

Akimova T. A., *Istoricheskie predposylki
pridanija Altajskomu zapovedniku
statusa «biosfernyj», Biosfernoe hozja-
jstvo: teorija i praktika*, 2017, No 2(3),
pp. 5–14.

Chertkova E. P., *Inventarizacija flory i fauny
territorii Altajskogo gosudarstven-
nogo zapovednika za period s 2000–
2019 gg. (Inventory of flora and fauna
of the Altai State Nature Reserve for
the period from 2000 to 2019), Moni-
toring sostojanija prirodnih kom-
pleksov i mnogoletnie issledovanija na
osobo ohranjaemyh prirodnih terri-
torijah (Monitoring the state of natu-
ral complexes and long-term research
in specially protected natural areas)*,
Vyp. 3., *Materialy zaочноj kon-
ferencii, Sajano-Shushenskogo bios-
ferного zapovednika, Shushenskoe:
Gosudarstvennyj prirodnij biosfernyj
zapovednik «Sayano-Shushenskij»*,
2019, pp. 110–117.

Costanza R., d'Arge R., de Groot R., *The val-
ue of the world's ecosystem services
and natural capital, Nature*, 1997, Vol.
387, pp. 253–260.

Daily G., *Nature's services: societal depend-
ence on natural ecosystems*, Washing-
ton, DC: Island Press, 1997, 392 p.

- Gonsales R., Vuds R., *Cifrovaja obrabotka izobrazhenij*, Moscow: Tehnosfera, 2005, 1072 p.
- Jekosistemnye uslugi Rossii: prototip nacional'nogo doklada, Tom 1, *Uslugi nazemnyh jekosistem*, E. N. Bukvarjova, D. G. Zamolodchikov (Eds.), Moscow: Izd-vo Centra ohrany dikoj prirody, 2016, 148 p.
- Lesohozjajstvennyj reglament FGBU «Altajskij gosudarstvennyj prirodnyj zapovednik»* (Forestry regulations of the Federal State Budgetary Institution «Altai State Nature Reserve»), Ministerstvo prirodnih resursov i jekologii Rossijskoj Federacii, Gorno-Altajsk, 2022. 90 p.
- Livio M., *The Golden Ratio: the story of PHL, the World's Most Astonishing Number*, N.Y.: Broadway Books, 2002, 299 p.
- Maleshin N. A., Zolotuhin N. A., Jakovlev V. A., Sobanskij G. G., Staheev V. A., Syroechkovskij E. E., Rogacheva Je. V. *Altajskij zapovednik, Zapovedniki Sibiri*, Vol. 1, D. S. Pavlova, V. E. Sokolova, E. E. Syroechkovskogo (Eds.), Moscow.: LOGATA, 1999, pp. 58–72.
- Mandelbrot B., *Information Theory and Psycholinguistics, Scientific Psychology: Principles and Approaches*, B. B. Wolman, E. Nagel (Eds.), New York: Basic Books, Inc., 1965, 620 p.
- Nabljudenie i izuchenie javlenij i processov v prirodnom komplekse zapovednika po programme Letopisi prirody: nauchnyj otchet* (Observation and study of phenomena and processes in the natural complex of the reserve under the program Chronicles of Nature: scientific report), FGBU «Altajskij gosudarstvennyj zapovednik», Gorno-Altajsk, 2023, Vol. 53, 322 p.
- Pareto V., *Cours d'économie politique professée à l'Université de Lausanne*, Lausanne: F. Rouge, 1897, 426 p.
- Raushenbah B. V. *Prostranstvennye postroenija v zhivopisi: Ocherk osnovnyh metodov*, M.: Nauka, 1980. 289 p.
- Pareto V., *Compendio di sociologia generale* (Compendium of general sociology), Moscow: Izd. Dom GU VshJe, 2008, 511 p.
- Raushenbah B. V., *Sistemy perspektivy v izobrazitel'nom iskusstve: obshhaja teorija perspektivy* (Perspective Systems in Fine Arts: General Theory of Perspective), Moscow: Nauka, 1986, 256 p.
- Raushenbah B. V., *Geometrija kartiny i zritel'noe vosprijatie* (Geometry of the painting and visual perception), Saint Petersburg: Azbuka-klassika, 2001, 320 p.

Samojlova G. S., Fiziko-geograficheskie osobennosti Severo-Vostochnogo Altaja (Physical and geographical features of the North-Eastern Altai), In: *Priroda ochagov kleshhevogo jencefalita na Altae* (The nature of foci

of tick-borne encephalitis in Altai), Novosibirsk: 1967, p. 5–20.

Zipf G. K., Human behavior and the principle of least effort, Cambridge (Mass.): Addison-Wesley Press, 1949, 573 p.

PRINCIPLES OF DESCRIBING THE AESTHETIC CHARACTERISTICS OF NATURAL LANDSCAPES

**V. G. Soukhovolsky^{1*}, A. V. Kovalev², O. V. Tarasova³, E. P. Chertkova⁴,
D. G. Zamolodchikov⁴**

¹*V. N. Sukachev Institute of Forest SB RAS
Akademgorodok 50/28, Krasnoyarsk, 660036, Russia*

²*Krasnoyarsk Scientific Center SB RAS, Akademgorodok 50, Krasnoyarsk, 660036, Russia*

³*Siberian Federal University, av.Svobodny, 79, Krasnoyarsk, 660041, Russia*

⁴*Isaev Centre for Forest Ecology and Productivity of the RAS
Profsoyuznaya st. 84/32 bldg. 14, Moscow, 117997, Russia*

*E-mail: soukhovolsky@yandex.ru

Received: 02.01.2025

Revised: 06.02.2025

Accepted: 14.03.2025

The possibilities of quantitative assessment of aesthetic services of natural landscape in forests and parks are considered. An attempt to «weigh» the quality of aesthetic services and aesthetic properties of different landscapes is discussed. It is assumed that aesthetic characteristics of forest areas and parks are formed in the same ways as the characteristics of

painting, and especially landscape painting. In this regard, objects of landscape painting are considered from an artistic point of view and for their quantitative assessment the possibility of quantitative assessment of paintings by famous artists is considered. To describe the color and brightness of works of art as a set of pixels of different colors and brightness, it is proposed to consider rank distributions by the color and brightness of these objects. It is shown that paintings of outstanding artists are characterized by rank distributions in the form of the Zipf-Pareto and Mandelbrot equations. By analogy with works of art, photographs of landscapes in the Altai Nature Reserve are considered. It is shown that all landscapes can be classified by the characteristics of the Zipf-Pareto rank distributions. The proposed approach allows one to approach the assessment of the aesthetic characteristics of landscapes.

Keywords: *forests, parks, photographs, landscape, aesthetic characteristics, painting, color, brightness, pixels, rank distribution*

Приложение

Таблица 1П. Ранговое распределение по типу (6) фотографий по пикселям цветности

Ландшафт	Номер фото	Групп в рангах	Коэффициент b	Коэффициент a	R^2
Богояш, Джулукуль	01	8	1.23	-0.83	0.93
Богояш, Джулукуль	02	9	2.04	-0.19	0.86
Богояш, Джулукуль	03	5	1.05	-0.81	0.85
Богояш, Джулукуль	04	6	1.75	-0.48	0.94
Богояш, Джулукуль	05	5	1.34	-0.63	0.94
Богояш, Джулукуль	06	7	1.81	-0.69	0.92
Богояш, Джулукуль	07	8	2.14	-0.15	0.85
Богояш, Джулукуль	08	8	3.26	0.36	0.91
Богояш, Джулукуль	09	10	1.92	-0.92	0.91
Богояш, Джулукуль	10	8	2.31	-0.08	0.88
Богояш, Джулукуль	11	10	2.73	0.17	0.92
Богояш, Джулукуль	12	9	2.35	-0.21	0.97
Богояш, Джулукуль	13	10	3.20	0.50	0.91
Богояш, Джулукуль	14	9	2.61	0.15	0.82
Водопад Корбу	01	9	2.29	-0.01	0.90
Водопад Корбу	02	5	1.66	-0.63	0.97
Водопад Корбу	03	6	1.81	-0.56	0.99
Водопад Корбу	04	9	1.77	-0.50	0.95
Водопад Корбу	05	5	1.19	-0.77	0.89
Водопад Корбу	06	5	1.29	-0.71	1.00
Водопад Корбу	07	6	1.50	-0.62	0.98
Водопад Корбу	08	5	0.66	-1.21	0.95
Водопад Корбу	09	5	0.92	-1.01	0.94
Водопад Корбу	10	5	0.93	-0.93	0.97
Водопад Корбу	11	7	1.85	-0.49	0.92
Водопад Корбу	12	5	1.37	-0.68	0.99
Водопад Корбу	13	5	1.29	-0.85	0.99
Водопад Корбу	14	5	1.11	-0.79	0.85
Водопад Корбу	15	6	0.70	-1.17	0.89
Водоскат Учар	01	7	0.94	-1.05	0.91
Водоскат Учар	02	6	0.69	-1.26	0.89
Водоскат Учар	03	10	3.29	0.74	0.80
Водоскат Учар	04	10	2.52	0.26	0.69
Водоскат Учар	05	5	0.29	-1.48	0.90
Водоскат Учар	06	10	1.19	-0.88	0.91
Водоскат Учар	07	5	0.41	-1.48	0.96
Водоскат Учар	08	5	0.95	-1.00	0.98
Водоскат Учар	09	7	0.91	-1.06	0.74
Водоскат Учар	10	6	1.81	-0.40	0.82
Водоскат Учар	11	5	0.71	-1.15	0.97
Водоскат Учар	12	7	1.15	-0.88	0.92

Продолжение таблицы 1П

Водоскат Учар	13	7	0.92	-1.03	0.89
Водоскат Учар	14	10	0.92	-1.16	0.95
Водоскат Учар	15	5	0.73	-1.05	0.97
Водоскат Учар	16	9	0.67	-1.39	0.94
Водоскат Учар	17	6	0.72	-1.15	0.98
Маральник	01	6	0.73	-1.24	0.98
Маральник	02	5	0.55	-1.44	0.97
Маральник	03	6	0.75	-1.10	0.82
Маральник	04	7	1.26	-0.78	0.92
Маральник	05	7	0.95	-1.01	0.86
Маральник	06	5	1.08	-0.86	0.98
Маральник	07	7	1.02	-0.95	0.91
Маральник	08	7	1.14	-0.93	0.94
Маральник	09	6	0.43	-1.45	0.96
Маральник	10	5	0.68	-1.19	0.92
Маральник	11	10	2.35	-0.08	0.94
Маральник	12	5	0.64	-1.17	0.97
Маральник	13	9	0.93	-1.12	0.92
Маральник	14	5	0.46	-1.39	0.94
Ночное небо	01	6	5.30	0.22	0.88
Ночное небо	02	10	6.41	0.97	0.93
Ночное небо	03	10	4.62	0.48	0.99
Ночное небо	04	10	4.34	0.40	0.97
Ночное небо	05	10	4.34	0.40	0.97
Ночное небо	06	8	4.60	-0.19	0.97
Ночное небо	07	7	5.88	1.37	0.90
Ночное небо	08	8	6.06	1.42	0.91
Ночное небо	09	8	3.53	0.24	0.97
Ночное небо	10	4	6.04	0.43	0.95
Ночное небо	11	4	1.73	-0.52	0.98
Ночное небо	12	9	2.48	-0.75	0.93
Ночное небо	13	10	2.94	-0.82	0.95
Ночное небо	14	6	1.88	-0.47	1.00
Ночное небо	15	5	3.24	-0.15	0.98
Ночное небо	16	5	4.65	-0.47	0.97
Ночное небо	17	5	3.54	-0.23	0.96
Ночное небо	18	4	9.20	-0.38	0.97
Подводный мир	01	5	2.79	0.04	0.81
Подводный мир	02	1	0.00	0.00	0.00
Подводный мир	03	5	0.72	-1.09	0.99
Подводный мир	04	7	4.00	0.54	0.92
Подводный мир	05	6	1.52	-0.56	0.91
Подводный мир	06	4	2.12	-0.24	0.82
Подводный мир	07	8	5.27	1.68	0.72
Подводный мир	08	10	5.59	1.67	0.86
Подводный мир	09	5	1.64	-0.48	0.88

Продолжение таблицы 1П

Подводный мир	10	10	6.00	2.47	0.76
Подводный мир	11	4	3.51	0.14	0.84
Подводный мир	12	7	2.77	-0.02	0.97
Подводный мир	13	10	3.92	0.53	0.94
Подводный мир	14	10	5.72	1.63	0.87
Подводный мир	15	10	4.10	-0.09	0.99
Подводный мир	16	6	1.34	-0.74	0.93
Подводный мир	17	10	5.48	1.99	0.83
Подводный мир	18	10	3.15	-0.14	0.92
Телецкое озеро	01	7	4.69	0.09	0.99
Телецкое озеро	02	6	3.17	-0.40	0.96
Телецкое озеро	03	7	1.48	-0.84	0.90
Телецкое озеро	04	9	2.05	-0.22	0.92
Телецкое озеро	05	10	3.12	0.45	0.92
Телецкое озеро	06	9	2.37	0.00	0.87
Телецкое озеро	07	7	1.79	-0.43	0.92
Телецкое озеро	08	10	2.21	-0.36	0.94
Телецкое озеро	09	5	1.58	-0.76	0.91
Телецкое озеро	10	4	2.47	-0.42	0.93
Телецкое озеро	11	5	3.34	-0.55	0.90
Телецкое озеро	12	5	1.08	-0.84	0.90
Телецкое озеро	13	6	2.21	-0.29	0.96
Телецкое озеро	14		0.00		
Телецкое озеро	15	10	4.39	1.10	0.90
Телецкое озеро	16	5	2.20	-0.43	0.97
Телецкое озеро	17	7	2.57	-0.18	0.99
Цветы Огоньки	01	7	1.38	-0.68	0.89
Цветы Огоньки	02	5	0.69	-1.06	0.77
Цветы Огоньки	03	10	3.17	0.65	0.82
Цветы Огоньки	04	6	1.38	-0.69	0.98
Цветы Огоньки	05	7	1.48	-0.69	0.97
Цветы Огоньки	06	5	1.67	-0.49	0.96
Цветы Огоньки	07	5	0.61	-1.16	0.94
Цветы Огоньки	08	5	1.89	-0.37	0.95
Цветы Огоньки	09	5	1.84	-0.53	0.97
Цветы Огоньки	10	5	1.18	-0.73	0.88
Цветы Огоньки	11	7	1.35	-0.86	0.91
Цветы Огоньки	12	5	1.33	-0.71	0.97
Цветы Огоньки	13	5	1.84	-0.53	0.97
Цветы Огоньки	14	7	1.48	-0.69	0.97
Цветы Огоньки	15	7	1.36	-0.68	0.90

Таблица 2П. Ранговое распределение по типу (6) фотографий по пикселям яркости

Ландшафт	номер фото	Групп в рангах	b	a	R^2
Богояш, Джулукуль	01	7	0.50	-1.54	0.89
Богояш, Джулукуль	02	5	0.16	-1.71	0.98
Богояш, Джулукуль	03	8	0.57	-1.45	0.76
Богояш, Джулукуль	04	6	0.37	-1.55	0.80
Богояш, Джулукуль	05	5	0.21	-1.56	0.93
Богояш, Джулукуль	06	6	0.59	-1.35	0.97
Богояш, Джулукуль	07	8	0.54	-1.51	0.93
Богояш, Джулукуль	08	8	0.84	-1.15	0.89
Богояш, Джулукуль	09	8	0.79	-1.21	0.94
Богояш, Джулукуль	10	9	1.06	-0.96	0.88
Богояш, Джулукуль	11	5	0.56	-1.33	0.94
Богояш, Джулукуль	12	5	0.11	-1.76	0.87
Богояш, Джулукуль	13	5	0.55	-1.36	0.97
Богояш, Джулукуль	14	5	0.24	-1.81	0.99
Водопад Корбу	01	9	1.13	-0.94	0.94
Водопад Корбу	02	5	0.58	-1.56	0.98
Водопад Корбу	03	9	1.10	-0.95	0.88
Водопад Корбу	04	5	0.11	-1.80	0.89
Водопад Корбу	05	7	0.43	-1.64	0.93
Водопад Корбу	06	9	1.10	-0.95	0.92
Водопад Корбу	07	6	0.28	-1.69	0.89
Водопад Корбу	08	5	0.63	-1.51	1.00
Водопад Корбу	09	8	0.44	-1.65	0.92
Водопад Корбу	10	5	0.54	-1.45	0.98
Водопад Корбу	11	5	0.48	-1.45	0.99
Водопад Корбу	12	6	0.11	-2.05	0.98
Водопад Корбу	13	5	0.34	-1.56	0.83
Водопад Корбу	14	9	1.20	-0.87	0.97
Водопад Корбу	15	10	1.12	-0.97	0.97
Водоскат Учар	01	5	0.37	-1.74	0.99
Водоскат Учар	02	8	0.94	-1.06	0.91
Водоскат Учар	03	9	0.61	-1.44	0.95
Водоскат Учар	04	10	1.64	-0.49	0.90
Водоскат Учар	05	6	0.14	-1.99	0.96
Водоскат Учар	06	8	0.60	-1.43	0.84
Водоскат Учар	07	8	0.55	-1.54	0.98
Водоскат Учар	08	8	0.66	-1.39	0.95
Водоскат Учар	09	10	1.15	-0.90	0.87
Водоскат Учар	10	9	1.13	-0.92	0.91
Водоскат Учар	11	6	0.52	-1.42	0.91
Водоскат Учар	12	9	0.42	-1.68	0.95
Водоскат Учар	13	5	0.73	-1.21	0.99

Продолжение таблицы 2П

Водоскат Учар	14	6	0.65	-1.31	0.95
Водоскат Учар	15	6	0.30	-1.62	0.72
Водоскат Учар	16	9	0.90	-1.13	0.89
Водоскат Учар	17	9	1.04	-1.03	0.97
Маральник	01	5	0.16	-1.77	0.75
Маральник	02	9	0.41	-1.70	0.89
Маральник	03	9	0.41	-1.70	0.99
Маральник	04	9	1.35	-0.72	0.78
Маральник	05	8	0.34	-1.74	0.81
Маральник	06	5	0.37	-1.58	0.94
Маральник	07	6	0.14	-1.87	0.62
Маральник	08	7	0.54	-1.39	0.95
Маральник	09	5	0.31	-1.75	0.99
Маральник	10	9	0.45	-1.67	0.92
Маральник	11	8	1.06	-0.96	0.78
Маральник	12	5	0.10	-1.92	0.84
Маральник	13	5	0.33	-1.70	0.99
Маральник	14	5	0.21	-1.91	0.98
Ночное небо	01	10	4.80	1.80	0.79
Ночное небо	02	10	3.51	0.99	0.72
Ночное небо	03	10	4.39	1.28	0.89
Ночное небо	04	10	3.58	0.90	0.85
Ночное небо	05	10	3.58	0.90	0.85
Ночное небо	06	7	3.40	-0.19	0.91
Ночное небо	07	10	2.75	0.26	0.83
Ночное небо	08	10	3.25	0.64	0.84
Ночное небо	09	10	2.73	0.32	0.80
Ночное небо	10	10	2.84	0.12	0.97
Ночное небо	11	10	2.66	0.25	0.85
Ночное небо	12	10	3.59	0.77	0.88
Ночное небо	13	10	4.12	1.04	0.90
Ночное небо	14	8	2.20	-0.21	0.94
Ночное небо	15	5	1.71	-0.43	0.88
Ночное небо	16	6	1.51	-0.55	0.83
Ночное небо	17	10	5.29	1.65	0.84
Ночное небо	18	10	3.91	0.47	0.95
Подводный мир	01	5	4.29	0.51	0.85
Подводный мир	02	5	1.76	-0.54	0.90
Подводный мир	03	9	2.65	0.24	0.87
Подводный мир	04	6	3.79	0.48	0.86
Подводный мир	05	4	1.74	-0.45	0.99
Подводный мир	06	5	0.94	-0.87	0.81
Подводный мир	07	5	2.21	-0.19	0.83
Подводный мир	08	4	0.62	-1.04	0.80
Подводный мир	09	7	1.92	-0.43	0.94
Подводный мир	10	9	3.64	0.60	0.93

Продолжение таблицы 2П

Подводный мир	11	6	4.03	0.41	0.94
Подводный мир	12	10	2.21	-0.07	0.86
Подводный мир	13	8	1.34	-0.71	0.78
Подводный мир	14	5	0.94	-0.88	0.80
Подводный мир	15	5	0.83	-0.95	0.90
Подводный мир	16	6	0.71	-1.18	0.73
Подводный мир	17	10	3.14	0.73	0.72
Подводный мир	18	4	0.55	-1.10	0.93
Телецкое озеро	01	5	0.22	-1.72	0.87
Телецкое озеро	02	5	0.53	-1.31	0.97
Телецкое озеро	03	5	0.06	-1.91	0.88
Телецкое озеро	04	7	0.86	-1.11	0.87
Телецкое озеро	05	7	0.95	-1.07	0.96
Телецкое озеро	06	5	0.11	-1.94	0.95
Телецкое озеро	07	6	0.35	-1.71	1.00
Телецкое озеро	08	6	0.42	-1.59	0.97
Телецкое озеро	09	5	0.47	-1.45	0.93
Телецкое озеро	10	9	0.71	-1.32	0.98
Телецкое озеро	11	7	1.40	-0.68	0.90
Телецкое озеро	12	5	0.19	-1.80	0.89
Телецкое озеро	13	7	0.71	-1.26	0.94
Телецкое озеро	15	8	0.61	-1.39	0.91
Телецкое озеро	16	7	0.40	-1.62	0.90
Телецкое озеро	17	5	0.73	-1.14	0.97
Цветы Огоньки	01	10	1.20	-0.88	0.87
Цветы Огоньки	02	8	1.09	-0.93	0.92
Цветы Огоньки	03	8	0.29	-1.73	0.88
Цветы Огоньки	04	7	0.85	-1.11	0.93
Цветы Огоньки	05	6	0.69	-1.23	0.98
Цветы Огоньки	06	5	0.42	-1.33	0.95
Цветы Огоньки	07	8	0.62	-1.35	0.87
Цветы Огоньки	08	5	0.56	-1.20	0.85
Цветы Огоньки	09	10	1.44	-0.64	0.88
Цветы Огоньки	10	5	0.30	-1.51	0.79
Цветы Огоньки	11	7	0.93	-1.03	0.85
Цветы Огоньки	12	7	1.00	-0.97	0.92
Цветы Огоньки	13	10	1.44	-0.64	0.88
Цветы Огоньки	14	6	0.69	-1.23	0.98
Цветы Огоньки	15	5	0.25	-1.88	0.99

Таблица 3П. Списки фотографий групп 2 и 4 по показателям цветности

Самые лучшие		Худшие	
Место	Фото	Место	Фото
Водопад Корбу	08	подводный мир	07
Водопад Корбу	09	Ночное небо	01
Водопад Корбу	10	подводный мир	17
Водоскат Учар	11	подводный мир	08
Водоскат Учар	17	подводный мир	14
Водоскат Учар	15	Ночное небо	07
Водоскат Учар	16	подводный мир	10
Водоскат Учар	14	Ночное небо	10
Водоскат Учар	08	Ночное небо	08
Водоскат Учар	07	Ночное небо	02
Маральник	10		
Маральник	01		
Маральник	12		
Маральник	02		
Маральник	14		
Маральник	09		
Маральник	06		
Подводный мир	03		
Цветы Огоньки	07		

Таблица 4П. Списки фотографий групп 2 и 4 по показателям яркости

Фото группы 1		Фото группы 4	
Название	Номер фото	Название	Номер фото
Богояш, Джулукуль	01	Ночное небо	14
Богояш, Джулукуль	11	Ночное небо	11
Богояш, Джулукуль	06	Ночное небо	09
Богояш, Джулукуль	14	Ночное небо	07
Богояш, Джулукуль	02	Ночное небо	10
Водопад Корбу	11	Ночное небо	08
Водопад Корбу	10	Ночное небо	06
Водопад Корбу	09	Ночное небо	02
Водопад Корбу	05	Ночное небо	04
Водопад Корбу	02	Ночное небо	05
Водопад Корбу	08	Ночное небо	12
Водопад Корбу	12	Ночное небо	18
Водоскат Учар	11	Ночное небо	13
Водоскат Учар	07	Ночное небо	03
Водоскат Учар	12	Ночное небо	01
Водоскат Учар	03	Ночное небо	17
Водоскат Учар	01	подводный мир	12

Продолжение таблицы 4П

Водоскат Учар	14	подводный мир	07
Водоскат Учар	08	подводный мир	03
Водоскат Учар	13	подводный мир	17
Маральник	08	подводный мир	10
Маральник	02	подводный мир	04
Маральник	03	подводный мир	11
Маральник	06	подводный мир	01
Маральник	13		
Маральник	09		
Маральник	14		
подводный мир	18		
Телецкое озеро	02		
Телецкое озеро	09		
Телецкое озеро	08		
Телецкое озеро	15		
Телецкое озеро	07		
Телецкое озеро	13		
Телецкое озеро	17		
Цветы Огоньки	06		
Цветы Огоньки	05		
Цветы Огоньки	14		
Цветы Огоньки	15		

Таблица 5П. Характеристики всех фотографий в координатах{nb1, nb2}.

Место	Номер	nb1	nb2			
			Группа 1	Группа 4	Группа 3	Группа 2
Водопад Корбу	15	0.003425	0.622431			
Цветы Огоньки	02	0.008141	0.585425			
Водоскат Учар	02	0.010222	0.442508			
Водоскат Учар	11	0.013494	0.015077			
Подводный Мир	03	0.019889			2.147889	
Маральник	10	0.020788	0.050273			
Водоскат Учар	17	0.021307	0.540888			
Водоскат Учар	15	0.027089	0.202134			
Водоскат Учар	16	0.029321	0.400289			
Маральник	01	0.03351	0.342501			
Водопад Корбу	08	0.038475	0.131935			
Маральник	03	0.053163	0.094198			
Маральник	12	0.059034	0.397485			
Цветы Огоньки	07	0.091443	0.124413			
Маральник	02	0.154844	0.088507			
Водоскат Учар	09	0.20622	0.654706			
Водоскат Учар	14	0.219535	0.154682			

Продолжение таблицы 5П

Водоскат Учар	13	0.220896	0.231989			
Водопад Корбу	09	0.222572	0.06253			
Водопад Корбу	10	0.229472	0.036295			
Маральник	13	0.233724	0.167823			
Водоскат Учар	01	0.236845	0.133584			
Маральник	14	0.242487	0.291033			
Маральник	05	0.246652	0.15705			
Водоскат Учар	08	0.251095	0.15551			
Маральник	09	0.266929	0.193181			
Водоскат Учар	07	0.287293	0.045857			
Маральник	07	0.317155	0.355855			
Богояш, Джулу-куль	03	0.350996	0.07483			
Маральник	06	0.378096	0.128176			
Телецкое озеро	12	0.382276	0.307922			
Водоскат Учар	05	0.412886	0.36302			
Водопад Корбу	14	0.41426	0.701226			
Маральник	08	0.443596	0.041			
Водоскат Учар	12	0.447837	0.084509			
Цветы Огоньки	10	0.481251	0.199656			
Водопад Корбу	05	0.49116	0.069225			
Водоскат Учар	06	0.492581	0.0988			
Богояш, Джулу-куль	01	0.525153	0.001271			
Маральник	04	0.55874	0.846742			
Водопад Корбу	13	0.585931	0.163443			
Водопад Корбу	06	0.591999	0.601926			
Цветы Огоньки	12	0.630414	0.502008			
Богояш, Джулу-куль	05	0.635338	0.293935			
Подводный Мир	16	0.640162	0.207925			
Цветы Огоньки	11	0.650583	0.426398			
Цветы Огоньки	15	0.660097	0.253064			
Водопад Корбу	12	0.674414	0.385161			
Цветы Огоньки	04	0.679102	0.345613			
Цветы Огоньки	01	0.680949	0.701925			
Телецкое озеро	03	0.782507	0.438723			
Цветы Огоньки	05	0.782755	0.193499			
Цветы Огоньки	14	0.782755	0.193499			
Водопад Корбу	07	0.801252	0.216931			
Подводный Мир	05	0.821164			1.240979	
Телецкое озеро	09	0.879171	0.034319			
Подводный Мир	09	0.938965			1.423946	
Водопад Корбу	02	0.963732	0.084047			
Цветы Огоньки	06	0.974642	0.077536			
Ночное небо	11	1.031845			2.158542	

Продолжение таблицы 5П

Богояш, Джулу-куль	04	1.045874	0.126225			
Водопад Корбу	04	1.065729	0.385845			
Телецкое озеро	07	1.090208	0.15165			
Богояш, Джулу-куль	06	1.107424	0.090286			
Водопад Корбу	03	1.110223	0.596476			
Водоскат Учар	10	1.113407	0.625706			
Цветы Огоньки	09	1.136444	0.941751			
Цветы Огоньки	13	1.136444	0.941751			
Водопад Корбу	11	1.148621	0.016996			
Ночное небо	14	1.18054			1.70212	
Цветы Огоньки	08	1.19467	0.056976			
Богояш, Джулу-куль	09	1.223256	0.287683			
Богояш, Джулу-куль	02	1.33746	0.336632			
Телецкое озеро	04	1.347247	0.359833			
Подводный Мир	06	1.418614	0.440077			
Богояш, Джулу-куль	07	1.439852	0.0369			
Телецкое озеро	16	1.499363	0.098089			
Телецкое озеро	13	1.505967	0.207215			
Телецкое озеро	08	1.51314	0.081303			
Водопад Корбу	01	1.587596	0.633885			
Богояш, Джулу-куль	10	1.605636	0.564662			
Маральник	11	1.645075	0.55852			
Богояш, Джулу-куль	12	1.651705	0.387452			
Телецкое озеро	06	1.669188	0.391544			
Телецкое озеро	10	1.768411	0.214266			
Ночное небо	12	1.783224		3.086176		
Водоскат Учар	04	1.824003			1.143934	
Телецкое озеро	17	1.871326	0.234891			
Богояш, Джулу-куль	14	1.907884	0.264099			
Богояш, Джулу-куль	11	2.031157	0.064078			
Подводный Мир	12	2.069161			1.706275	
Подводный Мир	01	2.088787		3.789989		
Ночное небо	13	2.235796		3.62115		
Телецкое озеро	05	2.415773				0.445146
Подводный Мир	18	2.454785				0.046903
Цветы Огоньки	03	2.466436				0.207389
Телецкое озеро	02	2.469449				0.027356

Продолжение таблицы 5П

Богояш, Джулу-куль	13	2.497839				0.054124
Ночное небо	15	2.540209				1.20566
Богояш, Джулу-куль	08	2.557229				0.344813
Водоскат Учар	03	2.592315				0.107733
Телецкое озеро	11	2.641214				0.897644
Подводный Мир	11	2.806198		3.526666		
Ночное небо	09	2.831896		2.233309		
Ночное небо	17	2.838214		4.787235		
Подводный Мир	13	3.219993				0.843133
Подводный Мир	04	3.303002		3.291834		
Подводный Мир	15	3.400516				0.331479
Ночное небо	04	3.636559		3.082926		
Ночное небо	05	3.636559		3.082926		
Телецкое озеро	15	3.689239				0.109278
Ночное небо	06	3.899122		2.896754		
Ночное небо	03	3.922225		3.894742		
Ночное небо	16	3.94757				1.014629
Телецкое озеро	01	3.988584				0.281043
Подводный Мир	07	4.573997		1.708718		
Ночное небо	01	4.603579		4.297012		
Подводный Мир	17	4.777097		2.64157		
Подводный Мир	08	4.894927				0.123695
Подводный Мир	14	5.024708				0.438511
Ночное небо	07	5.183519		2.25306		
Подводный Мир	10	5.29595		3.141151		
Ночное небо	10	5.341691		2.338722		
Ночное небо	08	5.363826		2.749061		
Ночное небо	02	5.708825		3.008105		

Рецензент: к. б. н., ведущий научный сотрудник Шанин В. Н.