



This is an open access article distributed under
the Creative Commons Attribution 4.0
International (CC BY 4.0)

© 2018 г. Г. И. Борзунов
г. Москва, Россия

© 2018 г. А. В. Фирсов
г. Москва, Россия

© 2018 г. А. Н. Новиков
г. Москва, Россия

ИНДЕКСАЦИЯ ЦВЕТОВЫХ СОЧЕТАНИЙ УЗОРОВ РУССКОГО ДЕКОРАТИВНО-ПРИКЛАДНОГО ИСКУССТВА

Аннотация: В данной работе впервые выполнена индексация цветовых сочетаний узоров прялок, которые представляли собой выборки из музейного фонда РГУ им. А. Н. Косыгина. Показана эффективность предложенного метода индексации: все различные по цветовым контрастам изображения получили различные индексы, т. е. различные по значениям характеристические векторы. Анализ указанных характеристических векторов позволил определить особенности распределения цветовых контрастов в индексируемых изображениях, а также выделить наиболее характерные цветовые сочетания, для узоров прялок. Проведенный вычислительный эксперимент показал, данный метод индексации цветных изображений может использоваться для автоматизированной классификации больших по объему коллекций таких важных для искусствоведческих исследований цветных изображений как узоры прялок. Кроме того, данный метод индексации цветовых сочетаний может служить основой содержательного поиска узоров прялок на основе распознавания цветовых контрастов.

Ключевые слова: коллекции изображений, узоры прялок, автоматическая классификация, содержательный поиск изображений, детекторы опорных точек, дескрипторы опорных точек, цветовые контрасты.

Информация об авторах:

Георгий Иванович Борзунов — доктор технических наук, профессор, Российский государственный университет им. А. Н. Косыгина, ул. Садовническая, д. 33, стр. 1, 117997 г. Москва, Россия. E-mail: borzunov_g@mail.ru

Андрей Валентинович Фирсов — доктор технических наук, профессор, Российский государственный университет им. А. Н. Косыгина, ул. Садовническая, д. 33, стр. 1, 117997 г. Москва, Россия. E-mail: firsov_a_v@mail.ru

Александр Николаевич Новиков — доктор технических наук, профессор, Российский государственный университет им. А. Н. Косыгина, ул. Садовническая, д. 33, стр. 1, 117997 г. Москва, Россия. E-mail: a_n_novikov@mail.ru

Дата поступления статьи: 15.05.2018

Дата публикации: 28.12.2018

Для цитирования: Борзунов Г. И., Фирсов А. В., Новиков А. Н. Индексация цветковых сочетаний узоров русского декоративно-прикладного искусства // Вестник славянских культур. 2018. Т. 50. С. 284–300.

Современные коллекции изображений (графические базы данных) могут насчитывать сотни тысяч и более экземпляров изображений, количество графической информации в пространстве сети Интернет столь велико, что вообще оценивается лишь приблизительно. Очевидно, чтобы использовать эту информацию в различных целях, в том числе в исследованиях искусствоведческой направленности, необходимы средства поиска изображений по описанию или по графическому представлению их содержания, т. е. средства содержательного или контекстного поиска. Средства содержательного поиска изображений, в свою очередь, основываются на методах распознавания и формального описания (индексации) содержания изображений. Поэтому задача распознавания и контекстного (содержательного) поиска изображений в больших коллекциях или в сети интернет остается весьма актуальной. В последнее десятилетие одновременно с развитием аппаратных средств и программного обеспечения обработки изображений быстро совершенствовались методы распознавания точечных изображений, которые обеспечили новые возможности автоматической классификации и содержательного поиска изображений, имеющих заданные характеристики или содержащие определенные объекты. Основанные на этих методах алгоритмы и их программные реализации успешно применялись для решения задач в самых различных областях человеческой деятельности: для классификации отпечатков пальцев [18], детектирования стволов деревьев [7], поиска похожих на заданные изображения картинок или фотографий в сети Интернет [19], распознавания эмоций по лицам на фотографиях [2]. Приведенное выше перечисление работ по распознаванию и содержательному поиску изображений показывает, что исследования в этом направлении проводятся широким фронтом. При этом следует отметить, что из-за отсутствия эффективных универсальных методов и алгоритмов успешно решаемые задачи относятся к узким предметным областям. Создание методов и на их основе алгоритмов распознавания изображений и их содержательного поиска в каждой новой предметной области требует разработки специальной технологии доступа к коллекциям изображений, основанной на сопоставлении изображению набора визуальных примитивов (характеристик цвета, формы, текстуры) и определении количественной оценки близости примитивов различных изображений [9], т. е. индексации. Так, для индексации и сравнения изображений по характеристикам цвета широко, но в узких предметных областях, успешно применяется метод цветových гистограмм и его различные модификации [5; 13; 3; 6]. Однако, как показывает анализ доступных источников, при этом не используются в полной мере такие характеристики цвета, как оценки цветových гармоний, и это несмотря на то, что цветové гармонии играют важную роль в искусстве, образовании и в решении современных прикладных задач дизайна [17]. Это обстоятельство обусловлено тем, что само понятие цветовой гармонии оказывается комплексным и ее различные аспекты с трудом поддаются строгой формализации. Так, Йоханес Иттен, известный теоретик дизайна, художник и педагог Баухауза, в своей монографии «Искусство цвета» определяет цветové гармонии на основе анализа семи типов цветových контрастов [14]: 1) по цвету (тону); 2) светлого и темного; 3) холодного и теплого; 4) дополнительных цветов; 5) симультанный (виртуальный); 6) по насыщенности; 7) по площади цветových пятен.

В работе «Индексация изображения по цветовым сочетаниям» [10] был предложен метод индексации цветовых контрастов по тону и по сочетанию дополнительных цветов (первый и четвертый типы цветовых контрастов по И. Иттену). В данной работе приводятся результаты использования указанного метода индексации цветовых контрастов для количественной оценки цветовых контрастов изображений узоров 11 прялок, которые являются выборками из коллекции музейного фонда РГУ им. А. Н. Косыгина. Выбор таких наборов изображений обусловлен актуальностью комплексного изучения феномена прялок как части традиционной народной культуры [16]. Указанные оценки цветовых контрастов могут использоваться для определения количественной оценки близости узоров прялок при классификации или при содержательном поиске. В рамках предлагаемого метода в качестве модели цвета при построении дескрипторов цветовых контрастов используется стандартный 24-секторный цветовой круг, на который накладывается шкала цвета (тона) в модели HSV (рисунок 1).

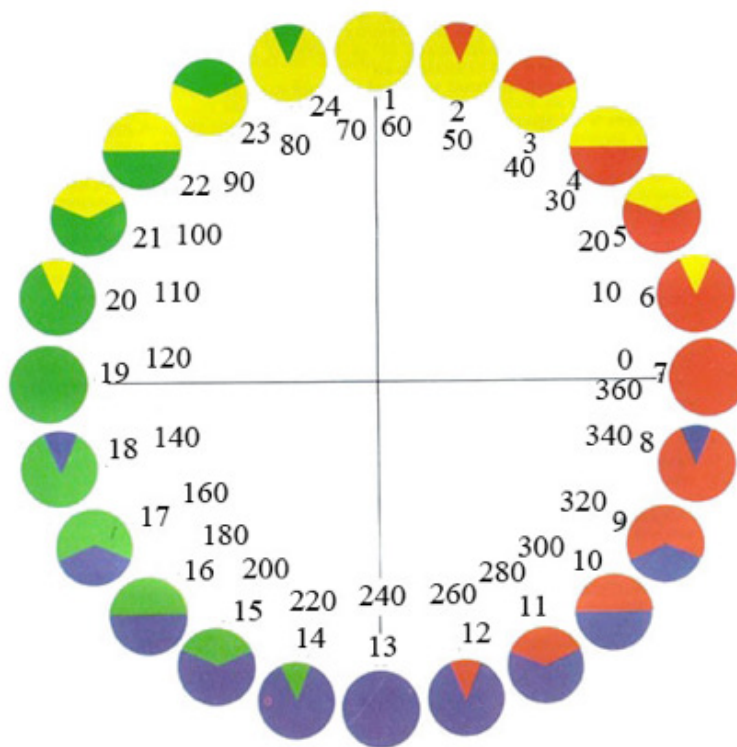


Рисунок 1 – Стандартный 24-секторный цветовой круг с наложенной на него шкалой компоненты цвета модели HSV, значения которой показаны на внутренней окружности
Figure 1 — Standard 24-sector color circle with a HSV model color component scale superimposed on it, the values of which are shown in the inner circle

Для построения детекторов цветовых контрастов используются известные алгоритмы квантования точечных изображений и преобразования их из цветовой модели *RGB* в цветовую модель *HSV* [8], а также программные средства, предназначенные для редактирования цветных точечных изображений [1; 4].

Опустив некоторые технические детали, можно считать, что в рамках предлагаемого метода индексирование цветных контрастов выполняется в результате 4 этапов (рисунок 2).



Рисунок 2 – Этапы индексации цветовых контрастов
Figure 2 – Phases of color contrasts indexing

Ниже эти этапы рассматриваются подробно на примере индексирования узора прялки, изображение которого приводится на рисунке 3. Для индексации этого изображения выполняются следующие действия:

Этап 1 — Квантование. Для заданного изображения с помощью графического редактора [4] была построена оптимальная палитра [8], состоящая из 8 цветов (рисунок 4).



Рисунок 3 – Исходное изображение узора прялки
Figure 3 – Initial image of the spinning wheel pattern



Рисунок 4 – Оптимальная восьмицветная палитра, полученная в результате квантования узора, приведенного на рисунке 3
Figure 4 – The optimal eight-color palette obtained by quantizing the pattern shown in figure 3

Этап 2. Выполняется преобразование изображения из цветовой модели *RGB* в модель *HSV* при помощи графического редактора [1]. Результатом этого шага является представление палитры в виде массива *HSV*, в котором отдельно хранятся значения тона, насыщенности и яркости. В качестве примера ниже приводится результат преобразования для палитры, приведенной на рисунке 4 в виде таблицы 1, в которой первые 3 строки содержат значения цветовой модели *RGB*, а последние 3 строки — значения цветовой модели *HSV*.

Таблица 1 – Преобразование палитры из модели *RGB* в модель *HSV*
Table 1 – Converting the palette from RGB model to HSV model

№	1	2	3	4	5	6	7	8
R	52	94	146	142	97	182	165	224
G	42	40	55	73	89	116	144	206
B	41	30	28	57	86	104	127	182
H	5	9	14	11	16	9	27	34
S	21	68	81	60	11	43	23	19
V	20	37	57	56	38	71	65	88

Этап 3. Из полученной палитры модели *HSV* выделяется ее цветовая компонента *H* и определяется размещение ее значений относительно секторов цветового круга. В таблице 2 во второй строке приводятся номера секторов цветового круга, которым принадлежат значения компоненты *H* из таблицы 1.

Таблица 2 – Номера секторов цветового круга, которым принадлежат значения компоненты *H* из таблицы 1
Table 2 – Number of sectors of the color circle, to which the values of the components of *H* from table 1 belong

H	5	9	14	11	16	9	27	34
№	6	6	6	6	5	6	4	4

Далее с помощью компьютерной технологии (например, с помощью графического редактора [1]) значения цветовой компоненты *H* переносятся на стандартный 24-секторный цветовой круг по схеме, приведенной на рисунке 1. Результат выполнения этого этапа относительно значений цветовой компоненты *H*, представленной таблицей 2, иллюстрируется рисунком 5. Эти точки, соотнесенные с секторами цветового круга, являются детекторами распознавания цветовых контрастов изображений.

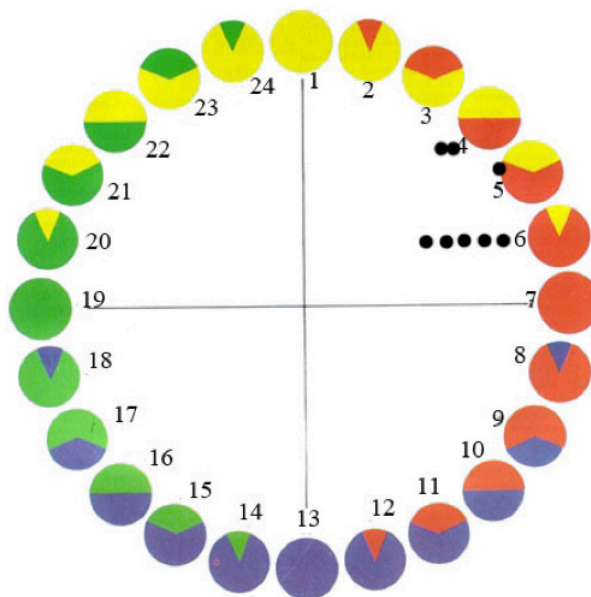


Рисунок 5 – Размещение значений цветовой компоненты модели HSV в секторах цветового круга

Figure 5 – Distribution of the values for color components of the HSV model in the sectors of the color circle

Этап 4. Формирование характеристического вектора цветовых контрастов. Все размещенные на цветовом круге точки соединяются попарно отрезками прямых, моделирующими ребра графа. При этом образуется полный граф. На рисунке 6 приводится полный граф, образованный значениями цветовой компоненты H , размещения которых на цветовом круге показано на рисунке 5.

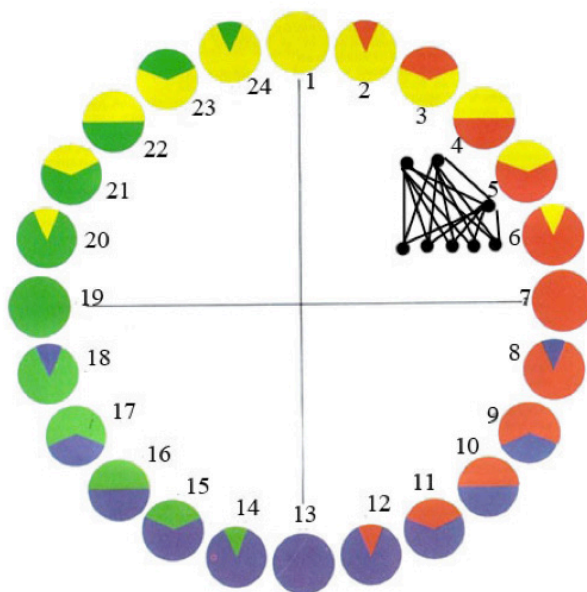


Рисунок 6 – Полный граф, образованный значениями цветовой компоненты H (см. рисунок 5)

Figure 6 – Complete graph formed by the values of the color component H (see figure 5)

Трехвершинные подграфы этого графа являются дескрипторами цветовых контрастов изображений. Оценка цветовых контрастов основывается на анализе вариантов размещения на цветовом круге вершин этих подграфов (триад). Такие триады играют важную роль при построении гармонических сочетаний цветов [14; 15], но в данном случае в целях индексации контрастов рассматриваются и анализируются все возможные триады, выделяемые из указанного выше полного графа, среди которых могут быть цветовые сочетания не являющиеся гармоническими. Присутствие в изображении негармонических триад нередко встречается в фотографиях или в изображениях, полученных с использованием сканирования. В общем случае для выявления различия и схожести цветовых контрастов различных изображений такие цветовые сочетания также необходимо учитывать. При анализе каждой из указанных триад формируется координата характеристического вектора X , которая соответствует одной из характеристик размещения цветов на цветовом круге. Характеристический вектор имеет следующую структуру: $X[0] — X[3] —$ в каждой координате содержится количество триад, представляющих собой сочетание трех основных цветов из четырех возможных вариантов; $X[4] — X[27] —$ триада содержит 2 основных цвета в секторах, представляющих собой сочетание двух секторов из четырех возможных секторов, а также 1 неосновной цвет в одной из четвертей круга; $X[28] — X[67] —$ триада содержит 1 основной цвет в одном из секторов цветового круга, а два неосновных цвета размещаются всеми возможными способами по четвертям цветового круга; $X[68] — X[81] —$ Триада не содержит основных цветов и 3 неосновных цвета размещаются всеми возможными способами по четвертям цветового круга. Как видно из приведенного описания, при формировании характеристического вектора не рассматриваются подграфы на четырех вершинах, так как они покрываются подграфами на трех вершинах. Для рассматриваемого примера (рисунок 6) все 10 треугольников не содержат основных цветов, лежат в первой четверти цветового круга и, следовательно, все координаты соответствующего характеристического вектора XI равны 0, кроме координаты 68: $XI[68]=10$. С точки зрения художника или дизайнера это означает, что цветовая гамма изображения, приведенного на рисунке 3, построена на родственных желто-красных сочетаниях ведущих цветов. Анализ полученных характеристических векторов показал, что всем изображениям, которые, по мнению экспертов, обладали различным цветовым контрастом, были поставлены в соответствие различные характеристические векторы. Это иллюстрируется таблицей 3, в которой приводятся значения координат фрагментов характеристических векторов $XI — X5$. Эти характеристические векторы были получены для узоров, представленных соответственно на рисунках 3, 7, 10, 12, 14. В качестве центра пространства цветовых сочетаний был принят характеристический вектор Xc (см. таблицу 3), значения координат которого равны среднему значению по всей выборке узоров. Вектор Xc является шаблоном, который ограничивает пространство цветовых контрастов исследованной выборки узоров прялок.

Таблица 3 – Значения координат фрагментов характеристических векторов X1–X5
Table 3 – Values of the fragments coordinates of the characteristic vectors of X1–X5

№	Xc — шаблон	X1	X5	X2	X3	X4
16	0,454545	0	0	0	0	0
18	0,090909	0	0	0	0	0
28	2,545455	0	0	0	0	13
32	0,818182	0	0	0	0	4
35	0,090909	0	0	0	0	0
36	1,363636	0	0	0	0	0
38	0,636364	0	0	0	0	0
40	0,090909	0	0	0	0	0
46	0,454545	0	0	0	0	0
48	0,636364	0	0	0	0	0
56	0,454545	0	0	0	0	0
68	6,727273	10	6	0	19	12
71	0,454545	0	0	1	0	0
72	14,27273	0	22	41	15	13
76	5,363636	0	0	0	0	0
80	0,454545	0	0	0	0	0

В качестве расстояния между цветовыми контрастами изображений была принята сумма модулей разности координат характеристических векторов. В таблице 4 приводятся расстояния между цветовыми контрастами шаблона (вектор Xc) и соответственно узоров, приведенных на рисунках 3 (вектор X1), 7 (вектор X2), 10 (вектор X3), 12 (вектор X4), 14 (вектор X5).

Таблица 4 – Расстояния между цветовыми контрастами шаблона (вектор Xc) и узоров

Table 4 – Distances between pattern color contrasts (Xc vector) and patterns

Векторы, определяющие цветовое сочетание	Xc–X1	Xc–X2	Xc–X3	Xc–X4	Xc–X5
Расстояние в пространстве цветовых контрастов	31,454546	22,363632	47,454542	26,909086	30,727272

Из пяти узоров, для которых в таблице 4 приведены расстояния от центра выборки, ближайшим к центру пространства цветовых сочетаний, является. узор, представленный на рисунке 7. На рисунке 8 приводится полный граф, образованный значениями цветовой компоненты *H* узора, представленного на рисунке 7. Этот узор может считаться наиболее характерным для рассматриваемой коллекции. Максимальное удаленным от центра выборки является узор, представленный на рисунке 10 (вектор X3). Расстояние между векторами Xc и X3 (47,454542), может быть принято в качестве порога

классификации: все изображения удаленные от шаблона X_c на расстояние, не превышающее 47,454542 принадлежат классу цветовых контрастов рассматриваемой выборки узоров; изображения удаленные от шаблона X_c на расстояние большее, чем 47,454542 оказываются вне этого класса цветовых контрастов. Таким образом, вектор X_c может служить основой классификации изображений на основе цветовых сочетаний.



Рисунок 7 – Узор, ближайший к центру пространства цветовых сочетаний
Figure 7 – The pattern closest to the center of the color combinations space

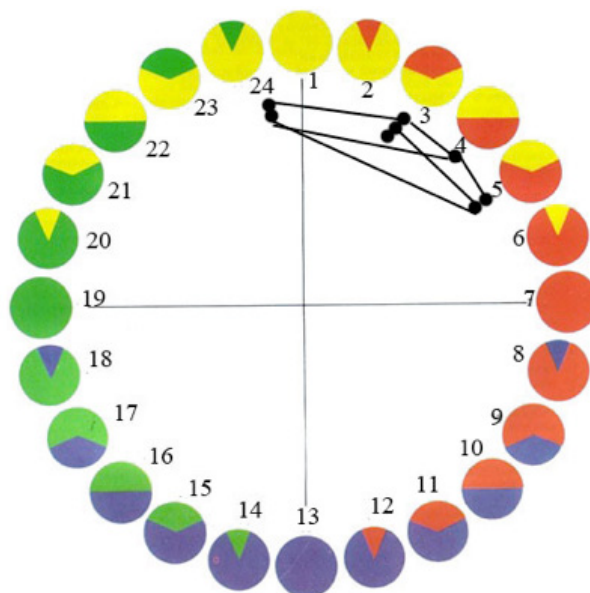


Рисунок 8 – Полный граф, образованный значениями цветовой компоненты H узора, представленного на рисунке 7

Figure 8 – The Complete graph formed by the values of the color component H of the pattern shown in figure 7

Анализ структуры вектора X_c позволяет получить описание наиболее часто встречающихся цветовых сочетаний среди узоров прялок. Так, на рисунке 9 приводится распределение частоты встречаемости видов цветовых сочетаний узоров прялок (значения по вертикали) по видам цветовых контрастов (горизонтальная числовая ось).

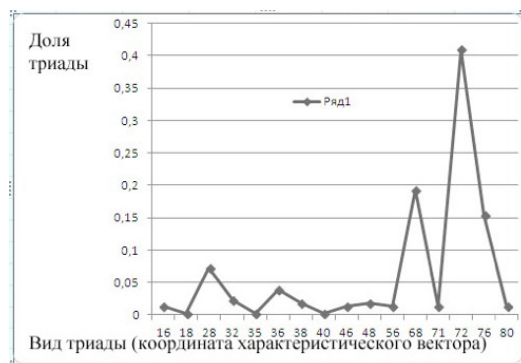


Рисунок 9 – Распределение частоты встречаемости видов цветовых сочетаний узоров прялок по видам цветовых контрастов
Figure 9 – Frequency distribution for species of spinning wheels' patterns color combinations

Анализ графика, приведенного на рисунке 9, показывает, что наиболее характерными для узоров прялок являются цветовые сочетания, определяемые следующими координатами характеристического вектора: 72 — триады не содержат основных цветов, и 3 неосновных цвета соответствуют секторам первой и четвертой четверти цветового круга, цветового круга (см. рисунки 10, 11); 68 — триады не содержат основных цветов и все 3 неосновных цвета соответствуют секторам одной и той же первой четверти цветового круга (см. рисунки 12, 13), 28 — триады содержат 1 основной цвет в секторе 1 и 2 неосновных цвета в одной и той же первой четверти цветового круга (см. рисунки 14, 15).

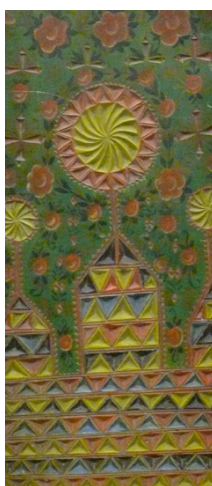


Рисунок 10 – Узор, палитра которого не содержит основных цветов, и 3 неосновных цвета соответствуют секторам первой и четвертой четверти цветового круга, цветового круга
Figure 10 – The Pattern with a palette that does not contain primary colors and 3 non-primary colors correspond to the sectors of the first and fourth quarters of the color wheel

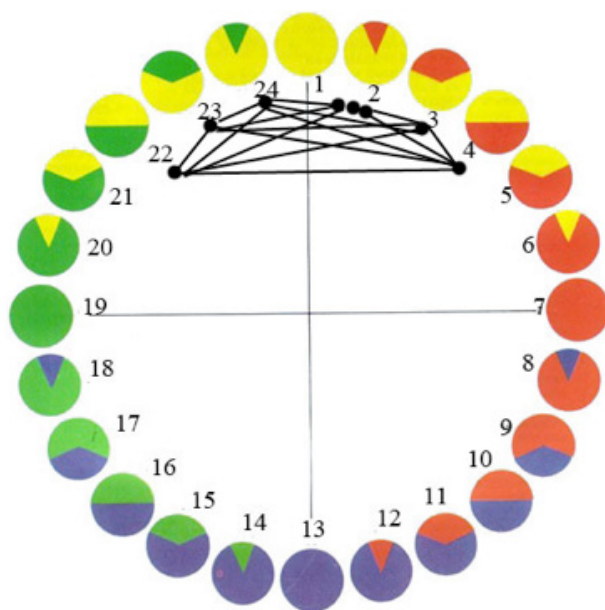


Рисунок 11 – Полный граф, образованный значениями цветовой компоненты H узора, представленного на рисунке 10
Figure 11 – The Complete graph formed by the values of the color component H of the pattern shown in figure 10



Рисунок 12 – Узор, максимальное число триад которого не содержит основных цветов и все 3 неосновных цвета соответствуют секторам одной и той же первой четверти цветового круга
Figure 12 – The Pattern whose maximum number of triads does not contain primary colors and all 3 non-primary colors correspond to the sectors of the same first quarter of the color circle

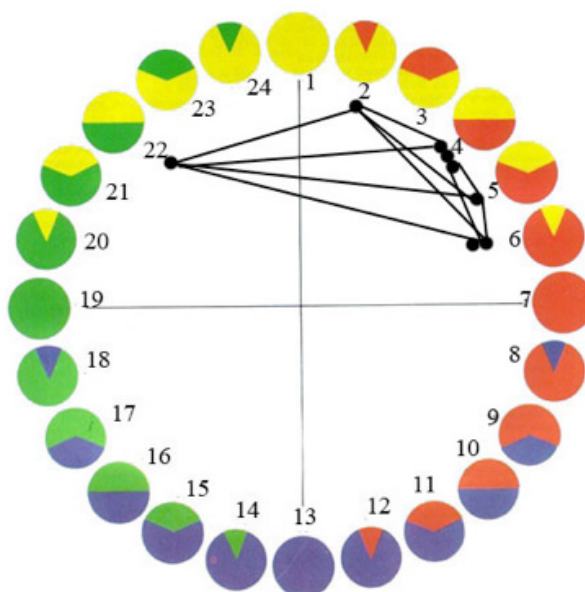


Рисунок 13 – полный граф, образованный значениями цветовой компоненты H узора, представленного на рисунке 12

Figure 13 – The complete graph formed by the values of the color component of the H-pattern shown in figure 12



Рисунок 14 – Узор, максимальное число триад которого содержат 1 основной цвет в секторе 1 и 2 неосновных цвета в одной и той же первой четверти цветового круга

Figure 14 – The Pattern with a maximum number of triads containing 1 basic color in sector 1 and 2 non-base colors in the same first quarter of the color circle

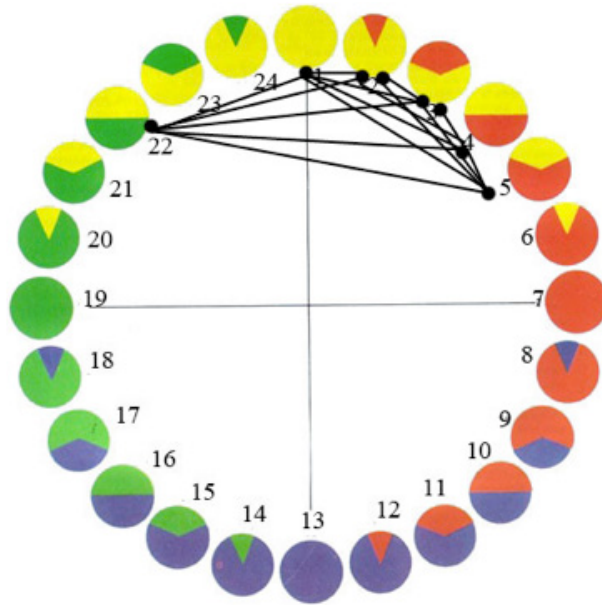


Рисунок 15 – Полный граф, образованный значениями цветовой компоненты H узора, представленного на рисунке 14
Figure 15 – The Complete graph formed by the values of the color component of H pattern shown in figure 14

Таким образом, узоры рассмотренной выборки прялок при индексации только цветовых контрастов характеризуются теплыми родственно-контрастными сочетаниями. Для более полной характеристики цветовых гармоний узоров прялок необходимо дополнительно индексировать контрасты светлого и темного, холодного и теплого, симультанных (виртуальных) контрасты, контрасты по насыщенности и по площади цветowych пятен [14].

Выводы по статье. Экспериментальное применение предложенного в работе [10] метода индексации цветовых сочетаний для оценки цветовых контрастов узоров прялок подтвердило его возможность его использование при распознавании и классификации изображений на основе указанных оценок. Одновременно выявлены для узоров прялок наиболее характерные сочетания ведущих цветов. Показана возможность поиска в коллекциях изображений наиболее близких по цветовым сочетаниям к заданному изображению. Показана возможность использования характеристических векторов для автоматизации составления вербальных описаний цветовых сочетаний, используемых в узорах прялок. Естественным развитием рассмотренного в данной работе метода является разработка на основе использования графа соседства цветов [11; 12] алгоритмов индексации контрастов светлого и темного, холодного и теплого, симультанных (виртуальных) контрастов, контрастов по насыщенности и по площади цветowych пятен [14].

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Adobe color CC. URL: <https://color.adobe.com/ru/create/color-wheel> (дата обращения: 12.11.2017).
- 2 Emotient — приложения для Google Glass, распознающее эмоции // T-human. URL: <http://t-human.com/journal/emotient-prilozheniya-dlya-google-glass-raspoznayushhee-emocii/> (дата обращения: 12.11.2017).

- 3 Ghazi Dr., Qaryouti M. et al. A Novel Method for Color Image Recognition // International Journal of Computer Science and Mobile Computing. 2016. No 11. Vol. 5. Pp. 57–64.
- 4 GNU Image Manipulation Program. User Manual // Gimp. URL: <https://docs.gimp.org/2.8/ru/> (дата обращения: 12.11.2017).
- 5 Joutou T., Yanai K. A food image recognition system with multiple kernel learning // IEEE International Conference on Image Processing. 7–10 Nov 2009. P. 285–288. DOI: 10.1109/ICIP.2009.5413400.
- 6 Parker J. R. Algorithms for Image Processing and Computer Vision, Second Edition. Indianapolis: Wiley Publishing, Inc., 2012. 506 p.
- 7 Аблоухов С. И., Егунов Р. Д., Лобов Д. В. Детектирование стволов деревьев на основе алгоритмов библиотеки OpenCV // Инновационная наука. 2016. № 5. С. 9–12.
- 8 Алгоритмические основы растровой машинной графики / Иванов Д. В., Карпов А. С. и др. М.: Интернет-Университет Информационных Технологий, БИНОМ, Лаборатория знаний, 2010. 283 с.
- 9 Байгарова Н. С., Бухитаб Ю. А., Евтеева Н. Н. и др. Некоторые подходы к организации содержательного поиска изображений и видеoinформации URL: http://www.keldysh.ru/papers/2002/prep78/prep2002_78.html (дата обращения: 12.11.2017)
- 10 Борзунов Г. И., Бесчастнов Н. П., Стор И. Н. Индексация изображения по цветовым сочетаниям // Дизайн и технологии. 2017. № 62 (104). С. 34–40.
- 11 Борзунов Г. И., Моисеев К. А., Новиков А. Н. Использование графа соседства цветов для распознавания линейных элементов в текстильных узорах // Известия высших учебных заведений. Технология текстильной промышленности. 2012. № 2. С. 142–146.
- 12 Борзунов Г. И., Моисеев К. А., Новиков А. Н. Использование графа соседства цветов для распознавания цветных клеток в текстильных узорах // Известия вузов. Технология текстильной промышленности. 2013. № 1. С. 144–147.
- 13 Захаров Р. К. Методы повышения качества изображений в задачах распознавания // Современные научные исследования и инновации. 2012. № 8 URL: <http://web.snauka.ru/issues/2012/08/16488> (дата обращения: 29.09.2017).
- 14 Иттен Й. Искусство цвета / пер. с нем. Л. Монахова. М.: Д. Аронов, 2007. 96 с.
- 15 Миронова Л. Н. Цветоведение. Минск: Высшая школа, 1984. 286 с.
- 16 Слепынина Л. Ю. Прялка в традиционной культуре: мифопоэтика и типология (на материалах Костромской губернии): автореф. дис. ... канд. культурологии. Киров: Изд-во ВГГУ, 2007. 18 с.
- 17 Снетков В. Ю., Шугарова Л. Н. Модели и принципы цветовой гармонии // Вестник МЭИ. Радиоэлектроника. 2010. № 3. С. 132–135.
- 18 Хоанг Нгок Фан, Спицын В. Г. Алгоритмы для классификации отпечатков пальцев на основе применения фильтра Габора, вейвлет-преобразования и многослойной нейронной сети // Известия Томского политехнического университета. 2012. Т. 320, № 5. С. 60–64.
- 19 Яндекс поиск картинок и фотографий. URL: <http://images.yandex.ru> (дата обращения: 12.11.2017).

© 2018. Georgii I. Borzunov
Moscow, Russia

© 2018. Andrey V. Firsov
Moscow, Russia

© 2018. Alexander N. Novikov
Moscow, Russia

INDEXING OF COLOR COMBINATIONS PATTERNS OF RUSSIAN DECORATIVE AND APPLIED ART

Abstract: This paper is the first to perform indexing of color combinations of the spinning wheels patterns, based on a selection from the Museum Fund of A. N. Kosygin Russian State University. The authors display the efficiency of the proposed indexing method: all the images with differing color contrasts obtained different indexes, i.e. different values of characteristic vectors. The analysis of the specified characteristic vectors allowed to define features of distribution of color contrasts in indexed images and to allocate the most characteristic color combinations for patterns of spinning wheels. The computational experiment showed that this method of color image indexing can be used for automated classification of large collections of as patterns of spinning wheels so important for art studies of color images. In addition, this method of indexing color combinations can serve as a basis for content search of spinning wheels' color patterns based on the recognition of color contrasts.

Keywords: collection of images, patterns, spinning wheels, automatic classification, content search of images, control points detectors, descriptors reference points, color contrasts.

Information about authors:

Georgii I. Borzunov — DSc in Technical Sciences, Professor, A. N. Kosygin Russian State University, Sadovnicheskaya St., 33, build. 1, 117997 Moscow, Russia. E-mail: borzunov_g@mail.ru

Andrey V. Firsov — DSc in Technical Sciences, Professor, A. N. Kosygin Russian State University, Sadovnicheskaya St., 33, build. 1, 117997 Moscow, Russia. E-mail: firsov_a_v@mail.ru

Alexander N. Novikov — DSc in Technical Sciences, Professor, A. N. Kosygin Russian State University, Sadovnicheskaya St., 33, build. 1, 117997 Moscow, Russia. E-mail: a_n_novikov@mail.ru

Received: May 15, 2018

Date of publication: December 28, 2018

For citation: Borzunov G. I., Firsov A. V., Novikov A. N. Indexing of color combinations patterns of Russian decorative and applied art. *Vestnik slavianskikh kul'tur*, 2018, vol. 50, pp. 284–300. (In Russian)

REFERENCES

- 1 *Adobe color CC*. Available at: <https://color.adobe.com/ru/create/color-wheel> (accessed 12 November 2017). (In Russian)

- 2 Emotient — prilozheniia dlia Google Glass, raspoznaiushchee emotsii [Emotient — applications for Google Glass that recognize emotions]. *T-human*. Available at: <http://t-human.com/journal/emotient-prilozheniya-dlya-google-glass-raspoznayushhee-emocii/> (accessed 12 November 2017). (In Russian)
- 3 Ghazi Dr., Qaryouti M. et al. A Novel Method for Color Image Recognition. *International Journal of Computer Science and Mobile Computing*, 2016 (November), no 11, vol. 5, pp. 57–64. (In English)
- 4 GNU Image Manipulation program. User manual. *Gimp*. Available at: <https://docs.gimp.org/2.8/ru/> (accessed 12 November 2017). (In English)
- 5 Joutou T., Yanai K., A food image recognition system with multiple kernel learning. *IEEE International Conference on Image Processing*. 7–10 November 2009, pp. 285–288. DOI: 10.1109/ICIP.2009.5413400. (In English)
- 6 Parker J. R. *Algorithms for Image Processing and Computer Vision*, Second Edition. Indianapolis, Wiley Publishing, Inc. Publ., 2012. 506 p. (In English)
- 7 Ableukhov S. I., Egupov R. D., Lobov, D. V. Детектирование стволов деревьев на основе алгоритмов библиотеки OpenCV [Detection of tree trunks based on the algorithms of the OpenCV library]. *Innovatsionnaia nauka*, 2016, no 5, pp. 9–12. (In Russian)
- 8 *Algoritmicheskie osnovy rastrovoj mashinnoj grafiki* [Algorithmic foundations of raster computer graphics], Ivanov D. V., Karpov A. S. and others. Moscow, Internet-University of Information Technologies, BINOMIAL, laboratory of knowledge Publ., 2010. 283 p. (In Russian)
- 9 Baygarova N. S. Bukhshtab Yu. A., Evteeva N. H. Koryagin D. A. Nekotorye podhody k organizatsii soderzhatel'nogo poiska izobrazhenij i videoinformatsii [Some approaches to the organization of content search of images and video data]. *Sait IPM im. M. V. Keldysha* [M. V. Keldysh's IPM website]. Available at: http://www.keldysh.ru/papers/2002/prep78/prep2002_78.html (accessed 12 November 2017). (In Russian)
- 10 Borzunov G. I., Beschastnov N. P., Stor I. N. Indeksatsiya izobrazheniya po cvetovym sochetaniyam [Indexing images by color combinations]. *Dizajn i tekhnologii*, 2017, no 62 (104), pp. 34–40. (In Russian)
- 11 Borzunov G. I., Moiseev K. A., Novikov A. N. Ispol'zovanie grafa sosledstva cvetov dlia raspoznavaniya linejnyh ehlementov v tekstil'nyh uzorah [Use of the colors' adjacency graph for recognizing of linear elements in textile pattern]. *Izvestiya vysshih uchebnyh zavedenij. Tekhnologiya tekstil'noj promyshlennosti*, 2012, no 2, pp. 142–146. (In Russian)
- 12 Borzunov G. I., Moiseyev, A. K., Novikov A. N. Ispol'zovanie grafa sosledstva cvetov dlia raspoznavaniya cvetnyh kletok v tekstil'nyh uzorah [Use of the colors adjacency graph for recognizing colored cells in textile patterns]. *Izvestiya vysshih uchebnyh zavedenij. Tekhnologiya tekstil'noj promyshlennosti*, 2013, no 1, pp. 144–147. (In Russian)
- 13 Zakharov R. K. Metody povysheniya kachestva izobrazhenij v zadachah raspoznavaniya [Methods of image quality improvement in recognition problems]. *Sovremennye nauchnye issledovaniya i innovatsii*, 2012, no 8. Available at: <http://web.snauka.ru/issues/2012/08/16488> (accessed 29 September 2017). (In Russian)
- 14 Itten I. *Iskusstvo cveta* [The art of color], translated from Germany by L. Monahova. Leningrad, Moscow, D. Aronov Publ., 2007. 96 p. (In Russian)

- 15 Mironova L. N. *Cvetovedenie* [Color science]. Meganewton, High school Publ., 1984. 286 p. (In Russian)
- 16 Slepynin L. Y. *Pryalka v tradicionnoj kul'ture: mifopoehtika i tipologiya (na materialah Kostromskoj gubernii)* [Spinning Wheel in traditional culture: poetics and typology (based on materials of Kostroma province)]. Abstract of dissertation candidate of Culturology. Kirov, 2007. 18 p. (In Russian)
- 17 Snetkov V. Y., Sugarova L. N. Modeli i principy cvetovoj garmonii [Models and principles of color harmony]. *Vestnik MEHI. Radioelektronika*, 2010, no 3, pp. 132–135. (In Russian)
- 18 Hoang Ngoc Phan, Spitsyn V. G. Algoritmy dlya klassifikacii otpechatkov pal'cev na osnove primeneniya fil'tra Gabora, vejvlet-preobrazovaniya i mnogoslojnoj nejronnoj seti [Algorithms for fingerprint classification based on Gabor filter, wavelet transform and multilayer neural network application]. *Izvestiya Tomskogo politekhnicheskogo universiteta*, 2012, vol. 320, no 5, pp. 60–64. (In Russian)
- 19 *Yandex poisk kartinok i fotografij* [Yandex search of pictures and photos]. Available at: <http://images.yandex.ru> (accessed 12 November 2017). (In Russian)