

УДК 004.932:677.022

DOI 10.47367/0021-3497_2021_4_164

КАТЕГОРИЗАЦИЯ ИЗОБРАЖЕНИЙ НА ОСНОВЕ ЦВЕТОВЫХ КОНТРАСТОВ

CATEGORIZATION OF IMAGES BASED ON COLOR CONTRASTS

Г.И. БОРЗУНОВ, А.В. ФИРСОВ, А.Н. НОВИКОВ, В.В. ИВАНОВ

G.I. BORZUNOV, A.V. FIRSOV, A.N. NOVIKOV, V.V. IVANOV

(Российский государственный университет имени А.Н. Косыгина (Технологии. Дизайн. Искусство))

(Russian State University named after A.N. Kosygin (Technologies. Design. Art))

E-mail: borzunov_g@mail.ru

Рассмотрена возможность категоризации изображений на основе ранее предложенного метода индексации цветовых контрастов. Показано, что характеристический вектор может использоваться как мешок визуальных слов (глобальный дескриптор), а его координаты – в качестве отдельных визуальных слов (локальные дескрипторы). Приводятся требования к практической реализации категоризации изображений на основе данного метода.

The possibility of image categorization based on the previously proposed method of indexing color contrasts is considered. It is shown that the characteristic vector can be used as a bag of visual words (global descriptor), and its coordinates — as separate visual words (local descriptors). The requirements for the practical implementation of image categorization based on this method are given.

Ключевые слова: цветовые контрасты, категоризация изображений, мешок визуальных слов.

Keywords: color contrasts, image categorization, bag of visual words.

Основой компьютерного зрения являются распознавание изображений и поиск на основе их содержания [1], [2]. В связи с экспоненциальным увеличением количества изображений, доступных пользователям в сети Интернет, возникла потребность повышения эффективности поиска изображений. Один из возможных подходов к решению этой задачи заключается в автоматическом аннотировании изображений на

основе анализа их содержания и применении методов текстового поиска [3]. Такой подход основывается на решении задачи категоризации изображений. Ниже задача категоризации рассматривается в контексте прикладного искусства или дизайна.

Известно, что общий колорит любого изображения (художественного произведения, орнаментальной композиции или компоненты дизайн-проекта) является

важнейшим средством выразительности, которое может оказывать большое и многообразное воздействие на человеческие чувства [4], [5]. Традиционными категориями анализа цветовой гаммы изображения являются следующие сочетания цветов [6]: родственные цвета, родственно-контрастные цвета, контрастные цвета. Пусть $C_1 = \{c_1, c_2, c_3\}$ – множество указанных выше категорий. Кроме того, цвета каждой из указанных групп могут быть теплыми или холодными, то есть необходимо принять в рассмотрение еще одно множество категорий: $C_2 = \{c_4, c_5\}$. Таким образом, для решения простейшей задачи категоризации цветовой гаммы изображения требуется построить два отображения $F_1: D \rightarrow C_1, F_2: D \rightarrow C_2$, где $C_1 = \{\text{родственные цвета, родственно-контрастные цвета, контрастные цвета}\}$, $C_2 = \{\text{цветовая гамма теплая, цветовая гамма холодная}\}$. Эти отображения могут быть реализованы на основе ранее предложенного метода индексации цветовых контрастов [7], эффективность которого была показана на примере оценки цветовых контрастов узоров прялок [8]. В рамках этого метода индексирование цветных контрастов выполняется в результате четырех этапов. На первом этапе в результате квантования заданного изображения с помощью графического редактора [9] получается оптимальная восьмицветная палитра [10]. На втором этапе эта палитра преобразуется из цветовой модели RGB в цветовую модель HSV.

В результате выполнения третьего этапа из полученной палитры в модели HSV выделяется ее цветовая (тоновая) компонента H и определяется размещение ее

значений относительно секторов цветового круга. При этом используется стандартный 24-секторный цветовой круг [6]. Так, для изображения, которое приводится на рис. 1 (пример индексированного изображения), оптимальная восьмицветная палитра представлена на рис. 2 (оптимальная палитра, полученная для изображения рис. 1).



Рис. 1



Рис. 2

Значения тоновой компоненты этой оптимальной восьмицветной палитры в модели HSV отображаются в секторы цветового круга согласно табл. 1 (отображение в секторы цветового круга значений тоновой компоненты палитры, полученной для изображения, приведенного на рис. 1).

Таблица 1

Значения тоновой компоненты (H)	5,0	56,7	7,5	49,7	10,2	52,3	56,1	60,0
№ сектора цветового круга	6	1	6	2	6	2	1	1

Этап 4. На этом этапе осуществляется формирование характеристического вектора цветовых контрастов X . Для этого все размещенные в разных секторах цветового круга точки соединяются попарно отрезками прямых, образующими граф. Трехвершинные подграфы этого графа (треугольники) являются дескрипторами цве-

товых контрастов изображений. Такие триады играют важную роль при описании цветовых гармоний [4], [5]. На рис. 3 (размещение значений тоновой компоненты H относительно секторов цветового круга согласно табл. 1) приводится для примера только один такой треугольник, но если выполнить указанное выше построение

полностью, то всего будет построено 18 таких треугольников. Эти треугольники имеют 1 вершину в секторе 1 (основной цвет) и две оставшиеся вершины в одной и той же первой четверти цветового круга. В этом случае согласно правилам создания вектора выполняется присваивание: $X[28]=18$. Остальные координаты вектора сохраняют нулевые значения.

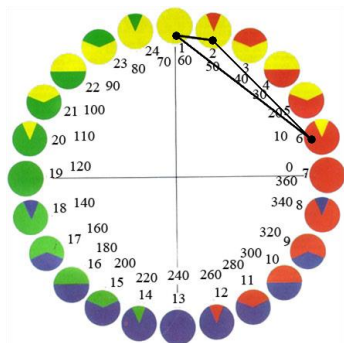


Рис. 3

В целом характеристический вектор X представляет собой мешок визуальных слов (Bag-of-Visual-Words), то есть является гло-

бальным дескриптором изображений [3]. Отдельные координаты вектора X образуют множество визуальных слов (Visual-Words). Эти визуальные слова определяют принадлежность изображения рассматриваемым категориям отображения, которая определяется назначением координат вектора X . Опуская некоторые детали, можно считать, что координаты характеристического вектора хранят следующую информацию [4], [5]: (0 – 3) – количество триад, представляющих собой сочетание трех основных цветов из четырех возможных вариантов; (4 – 27) – количество триад, каждая из которых содержит 2 основных цвета в любой комбинации секторов, а также 1 неосновной цвет в одной из четвертей круга; (28 – 67) – количество триад, которые содержат 1 основной цвет, и два неосновных цвета размещенных одним из способов по четвертям цветового круга; (68 – 81) – количество триад, которые состоят из неосновных цветов, размещенных одним из способов по четвертям цветового круга.

Таблица 2

Основной цвет в секторе 1, два неосновных цвета в одной и той же четверти цветового круга	Номер четверти, в которой размещены два неосновных цвета			
	1	2	3	4
Четверти цветового круга	1	2	3	4
Координата характеристического вектора X	28	29	30	31
Значение характеристики (число триад)	18	0	18	0
Категория цветовых сочетаний: контрастные, родственно-контрастные, родственные	родственные	контрастные	контрастные	родственные
Категория цветовой гаммы: теплая, холодная	теплая	теплая	холодная	холодная

Для изображения, представленного на рис. 1, в табл. 2 (фрагмент вектора X , полученного для изображения, приведенного на рис. 1, и категории, в которые отображаются его координаты) приводится полное описание фрагмента структуры вектора X и соответствующие категории, в которые отображаются его координаты. Табл. 2 демонстрирует использование характеристического вектора X в качестве мешка визуальных слов, определяющего отображения $F_1: D \rightarrow C_1$, $F_2: D \rightarrow C_2$. Каждая координата этого вектора является визу-

альным словом. Так, для изображения, приведенного на рис. 1, координата 28 определяет две категории: $F_1: 28 \rightarrow$ родственные цветовые сочетания; $F_2: 28 \rightarrow$ теплая цветовая гамма.

Таким образом, рассмотренный пример категоризации изображения, представленного на рис. 1, показывает, что метод индексации цветовых контрастов [7], [8] может служить основой категоризации изображений в области изобразительного искусства: характеристический вектор может использоваться как мешок визуальных слов

(глобальный дескриптор), а его координаты – в качестве отдельных визуальных слов (локальные дескрипторы).

В заключение статьи следует отметить, что для практической реализации категоризации изображений на основе индексации цветовых контрастов изображений требуется учесть возможность наличия в характеристических векторах нескольких координат, отличных от нуля, то есть описания изображений несколькими визуальными словами. Учет указанной возможности потребует разработки алгоритма генерации новых категорий и оценки их веса с использованием специальной метрики, что составит содержание очередного этапа исследований в данной области. Далее может быть расширен перечень контрастов [4] и применен метод Bag-of-Visual-Words [3]. Реализация указанного метода в данной предметной области потребует его модификации при выполнении следующих этапов:

- выбор или формирование множества изображений;
- разработка (генерация) новых категорий;
- модификация характеристического вектора с учетом новых категорий;
- получение для каждого изображения набора локальных дескрипторов;
- кластеризация локальных дескрипторов и создание из центров кластеров словаря категорий;
- использование мешка визуальных слов словаря категорий для обучения классификатора.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Simon J.D. Prince. Computer vision: models, learning and inference // Cambridge: University Press. – 2012.*
2. *Визильтер Ю.В., Желтов С.Ю., Бондаренко А.В., Ососков М.В., Морзин А. В. Обработка и анализ изображений в задачах машинного зрения. – М.: Физматкнига, 2010.*
3. *Фаворская М.Н., Проскурин А.В. Категоризация сцен на основе расширенных цветовых дескрипторов // Труды СПИИРАН. – 2015. Вып. 3(40). С. 203...220.*
4. *Иттен Й. Искусство цвета / Пер. с нем. Л. Монахова. – М.: Д. Аронов, 2007.*
5. *Миронова Л. Н. Цветоведение. – Минск: Высшая школа, 1984.*

6. *Козлов В.Н. Основы художественного оформления текстильных изделий. – М.: Легкая и пищевая промышленность, 1981.*

7. *Борзунов Г.И., Бесчастнов Н.П., Стор И.Н. Индексация изображения по цветовым сочетаниям // Дизайн и технологии. – 2017. № 62 (104). С. 29...34.*

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

9. *GNU Image Manipulation Program. User Manual. Gimp [Электронный ресурс]. URL: [https://docs.gimp.org/2.8/ru/]. (дата обращения: 12.04.2019).*

10. *Иванов Д.В., Карпов А.С. и др. Алгоритмические основы растровой машинной графики – М.: Интернет-Университет Информационных Технологий, БИНОМ, Лаборатория знаний, 2010.*

REFERENCES

1. *Simon J.D. Prince. Computer vision: models, learning and inference // Cambridge: University Press. – 2012.*
2. *Vizil'ter Yu.V., Zheltov S.Yu., Bondarenko A.V., Ososkov M.B., Morzhin A.V. Obrabotka i analiz izobrazheniy v zadachakh mashinnogo zreniya. – M.: Fizmatkniga, 2010.*
3. *Favorskaya M.N., Proskurin A.V. Kategorizatsiya stsen na osnove rasshirenykh tsvetovykh deskriptorov // Trudy SPIIRAN. – 2015. Vyp. 3(40). S.203...220.*
4. *Itten Y. Iskusstvo tsveta / Per. s nem. L. Monakhova. – M.: D. Aronov, 2007.*
5. *Mironova L. N. Tsvetovedenie. – Minsk: Vysshaya shkola, 1984.*
6. *Kozlov V.N. Osnovy khudozhestvennogo oformleniya tekstil'nykh izdeliy. – M.: Legkaya i pishchevaya promyshlennost', 1981.*
7. *Borzunov G.I., Beschastnov N.P., Stor I.N. Indeksatsiya izobrazheniya po tsvetovym sochetaniyam // Dizayn i tekhnologii. – 2017. № 62 (104). S. 29...34.*
8. *Borzunov G. I., Firsov A. V., Novikov A. N. Indeksatsiya tsvetovykh sochetaniy uzorov russkogo dekorativno-prikladnogo iskusstva // Vestnik slavyanskikh kul'tur. – 2018. T. 50. S. 284...300.*
9. *GNU Image Manipulation Program. User Manual. Gimp [Elektronnyy resurs]. URL: [https://docs.gimp.org/2.8/ru/]. (data obrashcheniya: 12.04.2019).*
10. *Ivanov D.V., Karpov A.S. i dr. Algoritmicheskie osnovy rastrovoy mashinnoy grafiki – M.: Internet-Universitet Informatsionnykh Tekhnologiy, BINOM, Laboratoriya znaniy, 2010.*

Рекомендована кафедрой информационных технологий и компьютерного дизайна. Поступила 06.07.21.