

Список использованных источников

1. Zhang, K., Zhang, Z., Chen, Y., Wang, J. (2016). Joint Face Detection and Alignment Using Multitask Cascaded Convolutional Networks. *IEEE Signal Processing Letters*, 23(10), 1499-1503.
2. Taigman, Y., Yang, M., Ranzato, M., Wolf, L. (2014). DeepFace: Closing the Gap to Human-Level Performance in Face Verification. *Proceedings of the IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition*, 1701-1708.
3. Schroff, F., Kalenichenko, D., Philbin, J. (2015). FaceNet: A Unified Embedding for Face Recognition and Clustering. *Proceedings of the IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition*, 815-823.
4. Ходжанепесов, К.А., & Шаханов, Г.Б., (2024). Инновационные методы и информационные технологии в развитии образования в Туркменистане. Журнал “Universum: технические науки”, 64-66.

УДК 51.78

В.А. Ворошень, Д.М. Романенко

Белорусский государственный технологический университет
Минск, Беларусь

ФОРМАЛИЗАЦИЯ И ОСОБЕННОСТИ АНАЛИЗА КОМПОЗИЦИИ ИЗОБРАЖЕНИЙ

***Аннотация.** В статье рассматривается изображение как множество пикселей, выделение композиционного центра и его подмножеств, а также роль линий и геометрических фигур в создании композиции. Описан процесс формализованного анализа изображений, включая подготовку изображения, определение жанра и определение основных композиционных приёмов.*

V.A. Voroshen, D.M. Romanenko

Belarusian State Technological University
Minsk, Belarus

FORMALIZATION AND FEATURES OF IMAGE COMPOSITION ANALYSIS

***Abstract.** The article considers the image as a set of pixels, the selection of the compositional center and its subsets, as well as the role of lines and geometric shapes in creating a composition. The process of formalized image analysis is described, including image preparation, genre definition and definition of basic compositional techniques.*

Введение. Качественное изображение, будучи предметом фотографического или изобразительного искусства, может быть

сформулировано согласно некоторым правилам композиции. Это справедливо в большинстве случаев, за исключением тех, когда авторская задумка подразумевает отклонение от правил. Использование математических концепций помогает прийти к пониманию того, каким закономерностям следуют изображения, построенные согласно различным композиционным приёмам.

Основная часть. Изображение можно представить, как множество пикселей I , каждый элемент которого, пиксель, в свою очередь, определяется некоторым вектором, содержащим набор характеристик этого элемента (например, цвета или координат). Каждый объект на изображении является подмножеством множества I , таким образом, компоновка изображения представляется, как взаимное расположение таких множеств.

При анализе изображения подразумевается, что на нём должен присутствовать хотя бы один композиционный центр – ключевая область, несущая наибольшую смысловую нагрузку. Множество пикселей в границах этой области признаётся множеством C композиционного центра. В некоторых случаях целесообразно выделить дополнительные подмножества $C_1 \dots C_n$, имеющие различные веса, что позволяет уточнить область композиционного центра тогда, когда на нём присутствуют важные объекты меньшего размера (например, лицо или глаза человека).

В конечном итоге формируется некоторая иерархия множеств, как, например:

$$C \subset C_{\text{лицо}} \subset C_{\text{глаза}},$$

благодаря чему можно строго описывать расположение объектов на изображении, в том числе и тех, которые включаются друг в друга и располагаются в одной и той же области.

Каждое множество, определяющее объект как часть композиции, можно разбить на несколько подмножеств, причём количество таких разбиений и их глубина зависят от смысловой нагрузки как изображения, так и рассматриваемого объекта. В общем случае, как количество множеств, так и их вложенность не должна превышать три. При таком значении возможно построить гармоничное и не перенасыщенное деталями изображение. Пример множеств композиционного центра показан на рисунке 1.



Рис. 1 – Пример множеств композиционного центра

Как уже было сказано ранее, множества могут иметь веса, которые представляют собой коэффициент значимости s , который может принимать значения в диапазоне $1 \dots n$, где n определяется в зависимости от смыслового содержания изображения. Данный коэффициент вводится для того, чтобы при анализе изображения можно было в приоритетном порядке учитывать расположение более значимых областей композиционного центра по сравнению с прочими. Таким образом, если $s_1 > s_2$, то множество C_1 имеет большую значимость по сравнению с C_2 .

Помимо объектов, на изображении могут присутствовать линии. Линии могут быть сформированы различными способами:

- границей двух объектов;
- направленными повторяющимися объектами;
- объектом как таковым.

Каждая такая линия представляется аппроксимирующей функцией, имеющей полезные для анализа свойства. Так, например, в случае прямой линии можно анализировать угол наклона и смещение относительно осей абсцисс и ординат.

Вышеперечисленные элементы – множества и линии – в совокупности составляют изображение. При формальном подходе к его описанию и определению композиции их использование удобно, поскольку предоставляет средства объективной оценки. Помимо этого, для правильной оценки изображения важен его жанр, поскольку он определяет, какие именно объекты имеют значение, и задаёт особенности конкретного изображения.

Различные композиционные приёмы требуют различного подхода к размещению объектов и линий в кадре. В данной статье описываются такие приёмы, как золотое сечение (и правило третей), симметрия, фрейминг и геометрия.

При использовании золотого сечения и производного от него правила третей особое внимание уделяется расположению объектов в

точках пересечения линий сетки, а также соответствию линии горизонта одной из горизонтальных линий.

В случае симметрии важно наличие вертикальной или горизонтальной линии симметрии, относительно которой объекты и линии, если таковые имеются, должны быть подобны или равны, при этом прочие их качества практически не имеют значения.

Фрейминг предполагает наличие рамки – такого объекта, цельного или композитного, который обрамляет композиционный центр, так что он располагается строго внутри. Для проверки соответствия изображения данному приёму необходимо выделить объект композиционного центра и объект рамки.

Под геометрией понимается набор различных приёмов, которые предполагают наличие формы или фигуры, к ним можно отнести правило диагоналей, треугольников, спираль Фибоначчи и т.д. Основой для этого тем не менее также являются объекты и линии, образующие те или иные формы.

Формализованный анализ и оценка имеющегося изображения с точки зрения его композиции производится по следующему алгоритму:

- подготовка изображения;
- выделение основных элементов: объектов, линий и фигур – с учётом жанра изображения;
- математическое описание характера расположения элементов и проверка их соответствия композиционному приёму (или приёмам).

Часть действий при правильном описании изображения в дальнейшем будет подвержена автоматизации. Так, выделение объектов и линий возможно выполнить при помощи существующих методов сегментации изображений – например, с использованием инструмента «умные ножницы» [1], – или разработанных с нуля специально для применения в области анализа фотографий. Однако на данный момент строго автоматизированные средства находятся в состоянии разработки и не могут быть применены на практике.

В качестве примера анализа по приведённому алгоритму будет произведена оценка изображения (рисунок 2) на соответствие композиционному приёму правило третей.



Рис. 2 – Изображение для оценки

Жанром данного изображения является городской, или урбанистический, пейзаж, что предполагает наличие как природных, так и созданных человеком элементов.

Изображение с выделенными объектами показано на рисунке 3. Голубыми линиями на нём представлены линии сетки, разделяющие его на девять равных частей. Точки $a_1...a_4$ представляют собой так называемые «точки силы», на которых, согласно правилу третей, должны располагаться наиболее важные объекты изображения. Композиционным центром (множество C) на изображении является указатель направлений, в качестве подмножеств (множества C_1 и C_2) можно выделить таблички с надписями. При этом, если коэффициент s для всего множества C равен 1, то для C_2 $s_2 = 2$, а для C_1 $s_1 = 3$. Всё то, что не входит в множество C , относится к фону. Линий (таких, как линия горизонта или направляющие линии), а также фигур и форм, которые бы имели значения с точки зрения композиционных приёмов, на изображении нет.

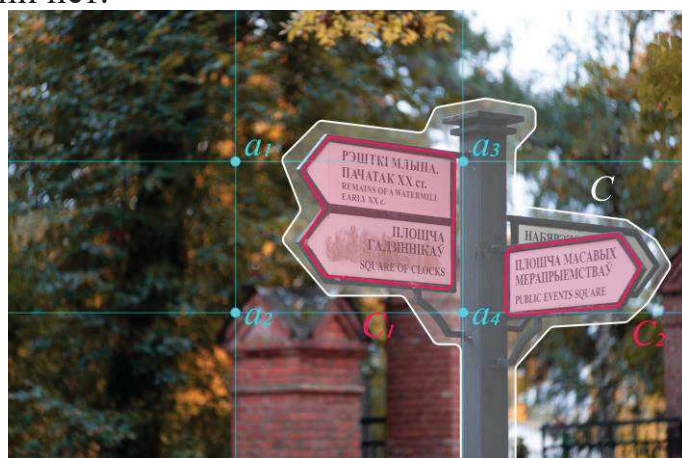


Рис. 3 – Изображение с выделенными объектами

На данном изображении поскольку:

$$a_3 \in C, a_4 \in C,$$

то композиционный центр располагается на пересечениях линий, то есть в «точках силы», что, в свою очередь, означает соответствие изображения правилу третей.

Однако:

$$a_3 \notin C_1, a_3 \notin C_2, a_4 \notin C_1, a_4 \notin C_2,$$

что явным образом говорит о том, что наиболее значимые части композиционного центра не располагаются в наиболее значимых точках сетки напрямую. Тем не менее очевидно, что точки a_3 и a_4 находятся между C_1 и C_2 , что уравнивает композицию.

Таким образом можно анализировать изображения с различными сюжетами и объектами, поскольку способ универсален. Важной особенностью является формулирование однозначных условий, при соблюдении которых изображение будет считаться построенным верно. При дальнейшем исследовании композиции и используемых композиционных приёмов будет применяться данный метод.

Заключение.

Формализованный анализ изображений позволяет провести их объективную оценку. Благодаря использованию однородного алгоритма исследования изображений возможно улучшить процесс анализа, что, в совокупности с применением автоматизированных средств, таких как семантическая сегментация изображений с использованием машинного обучения, позволяет существенно упростить задачу оценки изображений.

Список использованных источников

1. Mortensen, E. Intelligent Scissors for Image Composition / E.N. Mortensen, W.A. Barrett // Proceedings of the 22nd annual conference on Computer graphics and interactive techniques – 1995. – P. 191–198.