
УДК 004.932.2

Е.Д. Михнова

Харьковский национальный университет радиоэлектроники, Харьков

АНАЛИЗ ВИДЕОДАНЫХ НА ОСНОВЕ ДИАГРАММ ВОРОНОГО РАЗЛИЧНОГО ПОРЯДКА

Рассмотрены базовые предпосылки разработки нового метода анализа содержания видео с помощью диаграмм Вороного. На основании проведенных экспериментов выявлен ряд особенностей, связанных с количеством и размещением опорных точек, используемых для построения диаграмм. Использование диаграмм Вороного высших порядков позволило сократить время, необходимое для обработки и переупорядочения опорных точек, в полтора раза. Кроме пространственной сегментации и анализа содержания, диаграммы Вороного могут использоваться для временной сегментации видео, то есть разбиения на сцены, а также для поиска повторов и уникальных кадров.

Ключевые слова: анализ содержания видео, сегментация, выделение признаков, опорная точка, диаграмма Вороного.

Введение

Приоритетным направлением развития систем компьютерного зрения является обработка видео с учетом их “содержания”. Однако анализ семантики, как правило, выполняется лишь путем извлечения признаков низкого уровня [1, 2]. К таким признакам традиционно относят: цвет и текстуру, контур и форму объектов, скорость, плотность и траекторию движения объектов, фона или камеры. С точки зрения извлечения признаков на сегодняшний день достигнуты значительные успехи. Однако комплексный анализ этих признаков, к сожалению, далеко не всегда приводит к желаемому результату. Методы искусственного интеллекта, ориентированные на индексирование, поиск, реферирование и

другие виды обработки видео, часто не позволяют адекватно представить содержание исходных материалов [3, 4].

Исследования, проведенные в рамках работ [5, 6], подтвердили необходимость создания нового метода обработки видео, который бы позволил стабилизировать представление содержания кадров, для чего был выбран математический аппарат диаграмм Вороного. Построение диаграмм сводится к наращиванию областей вокруг опорных точек, выбранных с учетом тех же признаков (как правило, это характеристики яркости или границ значимых областей). Области Вороного образуют такие разбиения видеокадров, изменения которых в силу динамической природы видеоматериалов являются более стабильными, чем изменения опорных точек

или объектов наблюдения. Это объясняется наложением объектов и фона, присутствием движения не только объектов и фона, но и камеры, изменением освещения и угла съемки, что делает обычную сегментацию на объекты затруднительной и сложно применимой для анализа содержания видео.

Цель статьи состоит в подробном рассмотрении ряда особенностей и выявлении закономерностей, связанных с построением диаграмм Вороного с учетом содержания видеок кадров. Необходимо выработать рациональную процедуру анализа данных с ограничением по количеству опорных точек, исследовать целесообразность применения диаграмм Вороного высших порядков вместо наращивания числа опорных точек, чтобы сократить время обработки.

Аспекты обработки и анализа содержания видео

Выше упоминалось о том, что области Вороного наращиваются с учетом местоположения опорных точек. Построение диаграммы выполняется таким образом, что связанная с опорной точкой область, представляет собой набор точек, расстояние каждой из которых до связанной опорной точки меньше или равно расстоянию до любой другой опорной точки. По этому же принципу объекты назначаются кластерам на первом этапе работы алгоритма k -средних [7], использование которого в рамках данной процедуры будет рассмотрено далее.

На сегодняшний день существует много методов поиска опорных точек [8 – 10]. Среди них можно выделить 2 основные группы: поиск опорных точек с помощью вейвлетов и нахождение резких изменений интенсивности пикселей относительно их окрестности. Несмотря на то, что вейвлет-преобразования дают более точный результат, чаще используются методы второй группы в силу относительной простоты вычислений.

В целях данной работы опорные точки были изначально определены методом Харриса (Harris), который принадлежит второй группе и позволяет получить наиболее точный результат, сравнимый с тем, что можно получить при использовании вейвлет-анализа [8]. Кроме того, качество диаграмм Вороного (и как следствие найденных опорных точек) предполагается улучшать путем перекомпоновки методом k -средних, что, как было показано в [5], в результате приведет к инвариантности относительно используемого метода поиска опорных точек.

Усложнение процедуры путем применения метода кластеризации обусловлено тем, что метод Харриса иногда склонен определять выбросы интенсивности, если такие присутствуют на изображении в локальной окрестности. Яркий пример таких выбросов показан на рис. 1, где ветви деревьев на светлом фоне неба создают неблагоприятный исход работы алгоритма. В результате, опорные точки в

слишком высокой концентрации получают сосредоточены в одной области изображения (которая к тому же может оказаться не значимой, как это оказалось в данном случае).

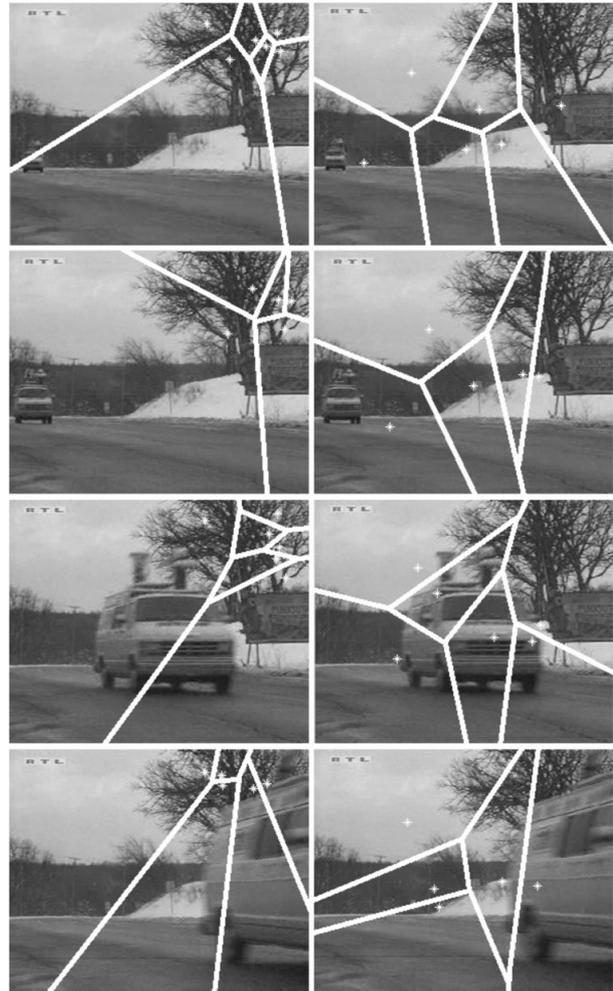


Рис. 1. Диаграммы Вороного, полученные при размещении опорных точек методом Харриса (слева) и их переупорядочение с помощью алгоритма k -средних (справа)

Применение метода Харриса позволяет достичь большей концентрации областей в зоне объекта, тогда как после применения алгоритма k -средних области диаграммы Вороного становятся более равномерно распределенными по всему кадру. Однако, это не означает, что после переупорядочения опорных точек детали будут потеряны. Пример тому – сегментация видеок кадров Луны, показанная на рис. 2, когда небесное тело обрабатывается не просто как круг, но внимание сконцентрировано и на деталях. Безусловно, применение алгоритма k -средних увеличивает время обработки, однако данная мера полностью оправдана качеством сегментации.

Полученные области Вороного не предназначены для огрубленного очертания границ объекта, поэтому нахождение объекта в той или иной области лишь свидетельствует о том, что распределение

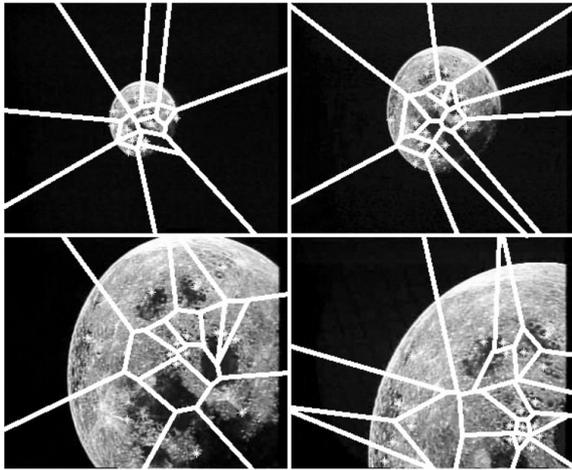


Рис. 2. Сегментация кадров Луны с помощью диаграмм Вороного при переупорядочении опорных точек алгоритмом k-средних

пикселей кадра с точки зрения цвета и текстуры является наиболее стабильным в данном представлении при условии исходного местоположения опорных точек и их количества, определяемых методом Харриса. Несмотря на то, что количество опорных точек определяется автоматически, следует дополнительно ограничивать их максимальное значение, так как слишком большое число точек ведет к перегруженности областей и только усложняет процедуру расчетов, не улучшая ее.

Результаты экспериментов, проведенные на более чем 20 образцах тестовых коллекций открытого доступа с низким разрешением и самостоятельно отснятом видеоматериале с более высоким разрешением, показали нецелесообразность использования более 15 опорных точек. В любом случае, число объектов в кадре не является столь большим, а отслеживание изменений границ и сопоставление большего числа опорных точек и связанных с ними областей ведет к появлению ошибок.

При необходимости большего числа сегментов не обязательно увеличивать количество опорных точек, достаточно воспользоваться математическим аппаратом диаграмм Вороного более высоких порядков. Принцип построения таких диаграмм состоит в том, что точки каждой области Вороного имеют одинаковое число ближайших опорных точек, равное порядку диаграммы. Ранее рассмотренные обычные диаграммы Вороного являются частным случаем диаграмм Вороного высших порядков, когда порядок равен 1. Таким образом, для одного и того же варианта размещения опорных точек можно построить разные диаграммы (с разным количеством областей), как показано на рис. 3, что значительно экономит время по сравнению с добавлением новых опорных точек и перестроением диаграммы первого порядка.

Исследования показали, что с увеличением порядка диаграмм Вороного, количество областей возрастает при неизменном числе опорных точек, что

дает преимущество с вычислительной точки зрения примерно в полтора раза. При условии, что максимальный порядок диаграммы Вороного на единицу меньше общего числа опорных точек [11], достижение определенного порядка ведет к уменьшению числа областей, поэтому для последнего порядка диаграммы характерно уменьшение количества сегментов по сравнению с диаграммой первого порядка, когда каждой опорной точке соответствует только одна область Вороного.

На рис. 3 показано три видеокадра с движением автомобилей по проезжей части, при этом каждый из трех кадров сегментирован с помощью диаграмм Вороного первого, второго и восьмого порядка (слева направо). Исходная обработка этих кадров методом Харриса позволила обнаружить 9 опорных точек, поэтому восьмой порядок является максимальным в данном случае. Увеличение числа сегментов при использовании диаграмм второго порядка очевидно, равно как и сокращение числа сегментов при использовании диаграмм восьмого порядка. Из рис. 3 видно, что наиболее устойчивыми к изменению содержания являются диаграммы Вороного наивысшего порядка. Приведенные на рисунке кадры взяты из одной сцены, где диаграмма наивысшего порядка остается практически неизменной. Это легко объяснить исходя из определения диаграмм Вороного высших порядков.

Выводы

Проанализировав особенности представления содержания видеок кадров с помощью диаграмм Вороного разных порядков, можно прийти к выводу о том, что стремление максимизировать количество опорных точек, используемых для построения диаграмм, не является рациональным как с точки зрения скорости обработки, так и с точки зрения качества результатов. Кроме того, наиболее стабильным является представление содержания кадров с помощью диаграмм Вороного наивысших порядков, которые могут успешно использоваться не только для сравнения видеок кадров между собой, но и для определения границ сцен видеопоследовательности.

Список литературы

1. Мельник Р. Экстракція ознак зображень при фрагментації інтенсивності / Р. Мельник, Ю. Каличак // Вісник Національного університету "Львівська політехніка". Комп'ютерні науки та інформаційні технології. – 2011. – № 710. – С. 248-255.
2. Пономаренко Н.Н. Меры подобия изображений для поисковых систем / Н.Н. Пономаренко, В.В. Лукин, С.К. Абрамов, А.А. Зеленский // Радиоэлектронные и компьютерные системы. – 2007. – № 2 (21). – С. 49-58.
3. Szeliski R. *Computer Vision. Algorithms and Applications* / R. Szeliski. – London: Springer, 2011. – 813 p.
4. Video Search and Mining / D. Schonfeld, C. Shan, D. Tao, L. Wang // *Studies in Computational Intelligence*. – Vol. 287. – Berlin: Springer, 2010. – 388 p.

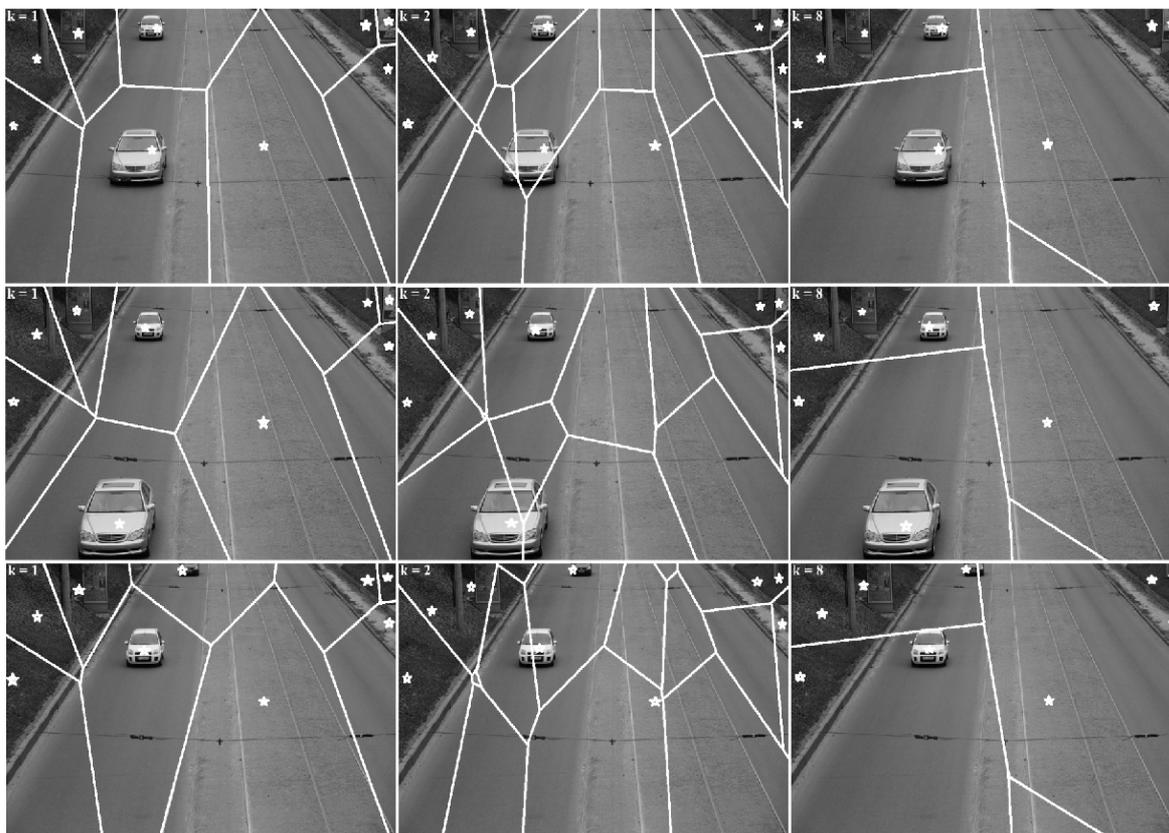


Рис. 3. Использование диаграмм Вороного разных порядков в пространственной сегментации видеок кадров

5. Mashtalir S.V. Key frame recognition using Voronoi tessellations / S.V. Mashtalir, O.D. Mikhnova. – Вісник Нац. університету „Львівська політехніка”. Комп’ютерні науки та інформаційні технології. – 2013. – № 751. – С. 52-58.

6. Mashtalir S.V. Stabilization of key frame descriptions with higher order Voronoi diagram / S.V. Mashtalir, O.D. Mikhnova. – Бионика интеллекта. – 2013. – № 1. – С. 68-72.

7. Fuzzy models and algorithms for pattern recognition and image processing / J.C. Bezdek, J. Keller, R. Krishnapuram, N.R. Pal. – New York: Springer, 2005. – 776 p.

8. Sebe, N. Comparing salient point detectors / N. Sebe, M.S. Lew // Pattern Rec. Letters. – 2003. – Vol. 24, No 1. – P. 89-96.

9. Lee W.-T. Histogram-based interest point detectors / W.-T. Lee, H.-T. Chen // Computer Vision and Pattern Recognition. – 2009. – P. 1590-1596.

10. Полякова М.В. Методология выбора подчеркивающего преобразования при сегментации изображений иерархических объектов и анализе сцен / М.В. Полякова, В.Н. Крылов, Н.П. Волкова // Бионика интеллекта. – 2011. – № 1. – С. 56-65.

11. Gavrilova M.L. Generalized Voronoi Diagram: A Geometry-Based Approach to Computational Intelligence / M.L. Gavrilova // Studies in Computational Intelligence. – Vol. 158. – Berlin: Springer, 2008. – 304 p.

Поступила в редколлегию 9.12.2013

Рецензент: д-р техн. наук, проф. Е.П. Пуятин, Харьковский национальный университет радиоэлектроники, Харьков.

АНАЛІЗ ВІДЕОДАНИХ НА ОСНОВІ ДІАГРАМ ВОРОНОГО РІЗНОГО ПОРЯДКУ

О.Д. Міхнова

Розглянуто базові передумови розробки нового методу аналізу змісту відео за допомогою діаграм Вороного. На основі проведених експериментів виявлено ряд особливостей, пов'язаних із кількістю та розміщенням опорних точок, що використовуються для побудови діаграм. Використання діаграм Вороного більш високих порядків дозволило скоротити час, що необхідний для обробки та упорядкування опорних точок, у півтора рази. Окрім просторової сегментації та аналізу змісту, діаграми Вороного можуть бути використані для часової сегментації відео, тобто для розбиття на сцени, а також для пошуку повторів та унікальних кадрів.

Ключові слова: аналіз змісту відео, сегментація, виділення ознак, опорна точка, діаграма Вороного.

VIDEO ANALYSES BASED ON VORONOI DIAGRAMS OF DIFFERENT ORDER

E.D. Mikhnova

Basic premises for a novel method development are observed, which is used for video content analyses based on Voronoi diagrams. Some peculiarities are derived from the performed experiments. These peculiarities are connected with an amount and location of salient points that are used for Voronoi diagram construction. Higher order Voronoi diagram implementation enables to decrease time needed for processing and rearrangement of salient points for one and a half. Along with special segmentation and analyses of content, Voronoi diagrams can be used for temporal segmentation of videos, i.e. shot boundary detection. They are also applicable for searching of duplicates and unique frames in video.

Keywords: video content analyses, segmentation, feature extraction, salient point, Voronoi diagram.