

ДЕТЕКТИРОВАНИЕ И РАСПОЗНАВАНИЕ ОБЪЕКТОВ В СИСТЕМАХ АВТОМОБИЛЬНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ НА ОСНОВЕ ФРАКТАЛЬНОГО АНАЛИЗА

Минаев Е.Ю., Никоноров А.В.

*Институт систем обработки изображений Российской академии наук,
Самарский государственный аэрокосмический университет имени академика С.П. Королёва
(национальный исследовательский университет)*

Аннотация

В работе рассматриваются задачи детектирования бликов артефактов, затрудняющих работу видеосистем обеспечения безопасности на транспорте, а также задачи распознавания дорожных знаков в видеосистемах. Предложены алгоритмы решения указанных задач на основе методов фрактального анализа. Экспериментально показана эффективность разработанных алгоритмов детектирования в сравнении с алгоритмами на основе метода активных контуров.

Ключевые слова: системы видеонаблюдения, системы автобезопасности, распознавание образов, детектирование артефактов, фрактальная размерность, система итерированных функций.

Введение

Одна из важных задач, решаемых в системах видеонаблюдения, – обнаружение оставленных подозрительных предметов. Эта задача особенно актуальна для вокзалов, аэропортов, автостоянок. В существующих системах видеонаблюдения для решения задачи обнаружения небольших предметов, оставленных в зоне наблюдения, присутствует детектор объектов. Этот детектор реагирует на любые изменения сцен, в частности, блики от стёкол, номерных знаков автомобилей и др. в солнечный день приводят к частым ложным срабатываниям детектора.

Для устранения ложных срабатываний необходимо распознать в появляющихся объектах блики, определить их контур и исключить из зоны наблюдения на время их существования. Будем в дальнейшем называть алгоритм устранения бликов *детектором бликов*, действующим параллельно с основным детектором объектов.

На рис. 1 приведён зарегистрированный камерой видеонаблюдения кадр с изображением участка улицы, на котором расположена стоянка автомобилей и проезжая часть. Вследствие изменения углов падения лучей, блики от автомобилей, находящиеся на стоянке, будут появляться и исчезать, что может восприниматься системой видеонаблюдения как появление посторонних предметов. В настоящей работе развивается предложенный в [1] подход к решению задачи детектирования бликов на основе анализа фрактальной размерности.

В работе [2] для распознавания компактных артефактов применялся ещё один метод фрактального анализа – метод итерированных функций [3]. Этот метод может использоваться для решения задач детектирования широкого класса компактных объектов достаточно простой формы. В частности, такой подход также может применяться для обнаружения оставленных предметов.

В настоящей работе, наряду с указанными выше задачами, исследуется также применение этого метода к распознаванию дорожных знаков. Решение

этой задачи актуально для автоматизированных систем обеспечения безопасности транспортных средств. На рис. 1б) приведён пример дорожного знака, подлежащего распознаванию.



Рис. 1. Примеры объектов для распознавания: блики на транспортных средствах (а); дорожные знаки (б)

1. Детектирование бликов на основе анализа фрактальной размерности

Анализируемое изображение U определим как скалярную функцию яркости, заданную над множеством пар координат:

$$U : Z_2 \rightarrow R, \tag{1}$$

$$u = u_{i,j}, \quad i = 1, \dots, N, \quad j = 1, \dots, N.$$

Алгоритм локализации и распознавания бликов реализуется в виде трёх этапов.

На первом этапе выполняется поиск точек, принадлежащих блику, с использованием алгоритма, предложенного в [4]. Область W_1 , проверяемая на наличие блика, задаётся в виде квадратного окна со стороной h_{w1} (Δ). Эту область называют *окном поиска*, а окрестность окна поиска W_0 – *опорным окном*.

Квадратное окно со стороной h_w , содержащее в себе оба окна, обозначим W . Алгоритм обнаружения блика заключается в последовательном прохождении окном W по изображению. Для каждого положения окна поиска принимается решение о принадлежности его центральной точки блику [4].

Для формулировки критерия принадлежности введём обозначения:

$$I_{W1} = \sum_{(i,j) \in W_1} u_{i,j} / h_{w1}^2$$

– средняя яркость отсчётов в окне поиска,

$$I_{W0} = \sum_{(i,j) \in W_0} u_{i,j} / h_{w0}^2$$

– средняя яркость отсчётов в опорном окне. Тогда критерий принадлежности можно представить в следующем виде:

$$I_{W1} / I_{W0} \geq I_{\min}, \tag{2}$$

где I_{\min} – минимальное отношение I_{W1} / I_{W0} , при котором принимается положительное решение о принадлежности центральной точки окна блику.

На втором этапе для полученного массива точек, принадлежащих блику, в четырёх направлениях от каждой точки рассчитывается функция контраста [4]:

$$g_k(s, a) = \frac{1}{a} \sum_{i=s+1}^{s+a+1} u_{i,j} - \frac{1}{a} \sum_{i=s-a}^{s-1} u_{i,j}, \quad k=1, \dots, 4, \tag{3}$$

где a – некоторая константа. Область расчёта функции контраста задаётся исходя из возможности появления блика с максимальной площадью. Затем для каждого направления определяется максимум функции (3). Четыре максимума функции задают прямоугольник, в котором локализован блик. При пересечении областей локализации бликов они объединяются. Рис. 2 демонстрирует описанный алгоритм.

На третьем этапе для полученных прямоугольных областей локализации бликов рассчитывается фрактальная размерность (размерность Минковского) [3]. Для этого прямоугольники разбиваются на равные области заданного размера ϵ , и выполняется подсчёт числа ϵ -областей, покрывающих блик. Размерность Минковского в общем виде выглядит следующим образом:

$$d(\epsilon) = -\frac{\log N(\epsilon)}{\log \epsilon} + \frac{\log c}{\log \epsilon}, \tag{4}$$

где $N(\epsilon)$ – количество ϵ -областей, покрывающих блик, $c > 0$ константа. Чтобы исключить константу, подсчёт $N(\epsilon)$ выполняется для трёх различных зна-

чений ϵ . Затем выполняется аппроксимация полученных результатов методом наименьших квадратов [1]. Бликами считаются выделенные на изображениях объекты, для которых рассчитанные фрактальные размерности (4) удовлетворяют заданному диапазону (в данном случае от 1,6 до 1,8).

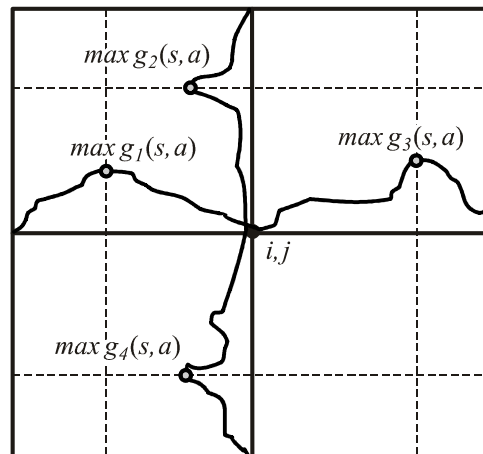


Рис. 2. Локализация блика с использованием функции контраста

2. Системы итерированных функций для распознавания дорожных знаков

В большинстве известных подходов и методов задача распознавания знаков решается в три этапа [5]. Первый этап – детектирование или локализация знака на изображении. На этом этапе определяется прямоугольный фрагмент видеокadra, содержащий знак. Второй этап – аффинные преобразования знака с целью исключения поворотов, проективных и масштабных искажений. Третий этап – собственно распознавание знака по его нормализованному изображению. Часто применяют инвариантные к поворотам, сдвигам и изменениям масштаба алгоритмы, при этом второй этап может отсутствовать [6].

В настоящей работе строится алгоритм распознавания знаков по локализованному фрагменту, содержащему знак. В частности, предлагается алгоритм, использующий системы итерированных функций (СИФ).

Известны работы, в которых основанные на СИФ методы фрактального распознавания используются для распознавания лиц [7], [8], [9], формы [10], [11] и др. В работе [2] рассмотрено использование СИФ для распознавания и классификации цветоконтурных фрагментов с целью последующей цветовой коррекции. В работе [12] метод на основе СИФ используется для распознавания текстовой информации, размещённой на дорожных знаках.

Цель настоящего исследования состоит в построении эффективных алгоритмов распознавания изображений дорожных знаков. Первый этап распознавания заключается в определении наиболее значимой информации для известных дорожных знаков. В данном случае для получения значимой информации о распознаваемых объектах (дорожных

знаках) предлагается использовать алгоритм фрактального сжатия на основе СИФ.

Фрактальный подход к распознаванию реализуется в виде двух этапов: фрактального сжатия и последующего распознавания. Различные технологии отличаются лишь конкретными алгоритмами, применяемыми на этих этапах. В настоящей работе для сжатия используются СИФ на основе аффинных преобразований. Для распознавания используется сравнение аттракторов тестового изображения и эталона.

Рассмотрим подробнее этап сжатия. Основная идея анализа формы с помощью СИФ заключается в следующем. Исходное изображение разбивается на квадратные непересекающиеся области, называемые *ранговыми областями*, и на более крупные квадратные области, называемые *доменными областями*. Алгоритм сжатия на основе СИФ для каждой ранговой области ищет наилучшее в заданном смысле преобразование из доменной в ранговую область. Кодирование исходного изображения осуществляется посредством применения нескольких аффинных преобразований.

Используя высокоточное разбиение и большой набор аффинных преобразований, удаётся достичь полной эквивалентности распакованного и исходного изображений. Алгоритм распознавания не требует высокого качества восстановленного изображения, поэтому можно использовать приближённое регулярное разбиение с использованием небольшого набора аффинных преобразований. При этом возрастает скорость обработки и увеличивается устойчивость алгоритма распознавания к искажениям. Такой подход позволяет быстро кодировать изображения различных размеров в определённый набор коэффициентов преобразований.

Аффинные преобразования описываются следующей формулой:

$$\begin{cases} \begin{pmatrix} i^* \\ j^* \end{pmatrix} = f \begin{pmatrix} i \\ j \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} c_1 & c_2 \\ c_3 & c_4 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} i \\ j \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} c_5 \\ c_6 \end{pmatrix}, \\ u_{i,j}^* = c_7 \cdot u_{i,j} + c_8, \end{cases} \quad (5)$$

где вектор $(i,j)^T$ определяет координаты пикселя в доменной области, c_1, \dots, c_6 – коэффициенты преобразования, вектор $(i^*, j^*)^T$ соответствует координатам пикселя в ранговой области, $u_{i,j}^*$ – яркость пикселя в ранговой области, $u_{i,j}$ – яркость пикселя в доменной области, c_7 – параметр контраста, c_8 – сдвиг яркости.

В настоящей работе мы используем 8 различных наборов коэффициентов c_1, c_2, c_3, c_4 , представленных следующими матрицами:

$$\begin{bmatrix} \frac{1}{2} & 0 \\ 0 & \frac{1}{2} \end{bmatrix}, \begin{bmatrix} 0 & -\frac{1}{2} \\ \frac{1}{2} & 0 \end{bmatrix}, \begin{bmatrix} -\frac{1}{2} & 0 \\ 0 & -\frac{1}{2} \end{bmatrix}, \begin{bmatrix} 0 & \frac{1}{2} \\ -\frac{1}{2} & 0 \end{bmatrix},$$

$$\begin{bmatrix} \frac{1}{2} & 0 \\ 0 & -\frac{1}{2} \end{bmatrix}, \begin{bmatrix} -\frac{1}{2} & 0 \\ 0 & \frac{1}{2} \end{bmatrix}, \begin{bmatrix} 0 & \frac{1}{2} \\ \frac{1}{2} & 0 \end{bmatrix}, \begin{bmatrix} 0 & -\frac{1}{2} \\ -\frac{1}{2} & 0 \end{bmatrix}.$$

Данные преобразования обеспечивают различные виды поворотов и отражений доменных областей, а также сжатие с коэффициентом 0,5. Поскольку преобразования являются сжимающими, выполняется условие теоремы Банаха о неподвижной точке. Таким образом, гарантируется наличие и единственность устойчивого множества, порождаемого данными преобразованиями.

Цель стадии сжатия заключается в нахождении наилучшего в смысле заданного критерия преобразования из доменной области в ранговую. Такое преобразование определяется посредством применения каждого преобразования к каждой доменной области для каждой ранговой области. В качестве искомого вектора коэффициентов преобразования принимается вектор $\mathbf{c} = [c_1, \dots, c_8]^T$, доставляющий минимальное значение нормы разности между изображением, полученным в результате аффинных преобразований (5), и оригиналом:

$$\mathbf{c}^* = \arg \min_{\mathbf{c}} \|U, f(\mathbf{c}, U)\|. \quad (6)$$

Таким образом, определяются самоподобные части изображения. В результате каждому исходному изображению сопоставляется фрактальный аттрактор, полученный итерированием аффинных преобразований:

$$\begin{aligned} q_1 &= \bigcup_i f(c_i^*, q_0), \\ q_{j+1} &= \bigcup_i f(c_i^*, q_j), \\ q &= \lim_{j \rightarrow \infty} \bigcup_i f(c_i^*, q_j), \end{aligned} \quad (7)$$

где q – полученный аттрактор, q_0 – любое затравочное изображение.

Для образца, который требуется распознать, согласно (7) ставится в соответствие столько аттракторов, сколько имеется в наличии векторов эталонов. Для сравнения аттрактора образца p и аттрактора эталона q используется Евклидова норма:

$$d(p, q) = \|p - q\|_2 = \sqrt{\sum_i^{I_h} \sum_j^{I_w} (p_{i,j} - q_{i,j})^2}, \quad (8)$$

где I_h, I_w – высота и ширина изображений p и q соответственно.

Различие между аттракторами можно выразить следующим решающим правилом:

$$D = \frac{d(\bigcup_i f(c_i^*, p_j), q_i)}{I_h \cdot I_w}, \quad (9)$$

где q_i – аттрактор знака эталона, $\bigcup_i f(c_i)$ – набор соответствующих ему преобразований, а p_j – аттрактор неизвестной области. Чем меньше числовое

значение принимает критерий (9), тем ближе рассматриваемый образец к эталону.

3. Результаты экспериментов

В задаче детектирования бликов проведено сравнение разработанного метода с алгоритмом на основе метода активного контура (АК) [13]. Результаты сравнения производительности двух алгоритмов приведены на рис. 3. Алгоритм АК выделяет точный контур блика, как показано на рис. 4а. Алгоритм на основе функции контраста и анализа фрактальной размерности позволяет выделить прямоугольную область, содержащую блик, как показано на рис. 4б. Такой результат является приемлемым для поставленной задачи. При этом алгоритм вдвое быстрее, чем алгоритм АК.



Рис. 3. Сравнение производительности алгоритмов детектирования бликов

Для каждого тестового примера вычислялось значение близости фрактальных аттракторов изображений с обучающей выборкой. В качестве порогового значения параметра выбрано $D=0,045$. Результаты эксперимента показывают, что фрактальный метод распознавания устойчив к изменениям масштаба, поворотам изображений знаков до 15° , а также к размытию входного изображения, эквивалентному размытию по Гауссу с параметром $\sigma < 12$. Результаты экспериментальных исследований зависимости значений критерия близости аттракторов (8) от типа искажений приведены на рис. 7.

Для анализа свойств и характеристик фрактального метода распознавания знаков проводился следующий численный эксперимент. В качестве обучающей выборки использовались три близких между собой подгруппы знаков из группы знаков ограничения скорости: 40 км/ч, 50 км/ч, 60 км/ч (рис. 5). В качестве тестовой выборки использовался знак «Ограничение скорости до 50 км/ч» с различными типами искажений: размытие, поворот, масштабирование (рис. 6).

Первые три результата на рис. 7 показывают зависимость от степени размытия, четвертый знак демонстрирует поворот на 15° , пятый знак демонстрирует увеличение масштаба в 1,5 раза. Заметим, что в последнем примере существенного размытия произошла ошибка распознавания.

Таким образом, результаты экспериментов подтверждают, что алгоритм распознавания на основе СИФ обеспечивает достаточно высокое качество

распознавания и демонстрирует устойчивость к искажениям масштаба, сдвига и поворота в широком диапазоне.



Рис. 4. Примеры обнаруженных бликов: алгоритмом активного контура (а); алгоритмом на основе функции контраста (б)

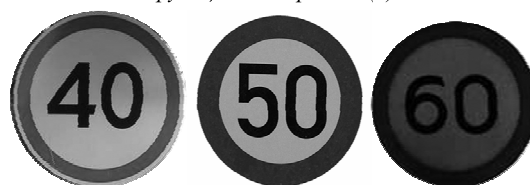


Рис. 5. Знаки-эталоны



Рис. 6. Выборка знаков-образцов для распознавания

Были проведены также эксперименты по распознаванию знаков при наличии заметного фона. Эксперименты показали, что наличие фона не влияет на результаты распознавания в случае искажений типа размытия или сдвига (рис. 8). В то же время при наличии искажений, связанных с изменением яркости и сменой фона, а также при малом объеме обуча-

шей выборки фрактальный метод распознавания оказывается недостаточно эффективным.

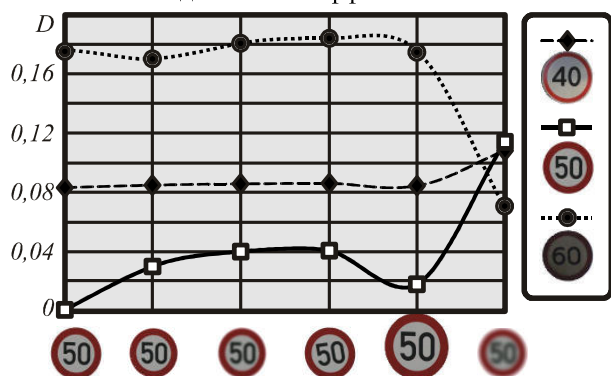


Рис. 7. Зависимость значения близости аттракторов для разных типов искажений

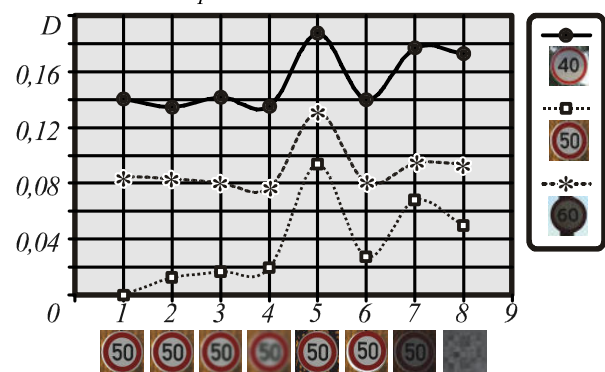


Рис. 8. Зависимость значения близости аттракторов для изображений с фоном

В работе [2] фрактальный метод использовался для детектирования артефактов на изображениях (бликов) по заданному эталону. Метод на основе СИФ достаточно эффективен для решения такой задачи, что подтверждается результатами следующего эксперимента.

В качестве обучающего эталона использовалось изображение блика. Пороговое значение параметра D выбиралось равным 15. На рис. 9 представлены результаты сравнения аттракторов различных изображений. Изображения, имеющие структуру, сходную со структурой эталонного блика, успешно распознаются.

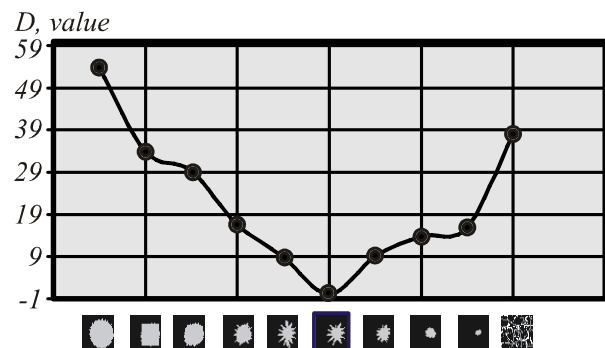


Рис. 9. Зависимость значения близости аттракторов при распознавании бликов

Результаты экспериментов подтвердили также, что метод распознавания на основе сравнения фрак-

тальных аттракторов применим и для решения задачи распознавания дорожных знаков.

4. Обсуждение результатов

Методы фрактального анализа оказываются эффективными для решения ряда принципиально различных задач: поиск объектов на изображении, детектирование солнечных бликов, распознавание дорожных знаков, поиск бликов по заданному эталону.

Аналогичная задача поиска компактных артефактов по заданным эталонам в работе [14] решалась с использованием критерия сопряжённости. В указанной работе распознавание использовалось также для уточнения результатов детектирования объектов с учётом их специальных характеристик.

Компактные артефакты с различными характеристиками могут быть также использованы для идентификации корректирующих преобразований в задачах улучшения качества и цветовой коррекции изображений [15], [4], [14]. Такие компактные артефакты, как правило, характеризуются набором цветowych и контурных признаков.

Рассматриваемые в настоящей статье задачи детектирования также основаны на цветowych и контурных признаках. Так, критерий (2) в задаче детектирования отвечает за яркостную (цветовую) составляющую, а фрактальный критерий (4) – за контурную. В системе соотношений (5), определяющих СИФ, первое соотношение отвечает за контурную составляющую, а второе – за цветовую.

В работе [15] показано, что компактные артефакты, детектируемые по цветowym и контурным признакам, могут применяться при решении задач устранения точечных и протяжённых бликов, коррекции теневых искажений и матовых бликов. В настоящей работе показано, что эти подходы могут быть применены при распознавании дорожных знаков.

Описанные компактные артефакты могут быть определены как компактные локальные *цветоконтурные элементы* на изображении. На качественном уровне они могут представляться в виде локальных замкнутых областей на изображении, компактные как в пространственной, так и в цветовой области. Цветоконтурные элементы могут быть описаны в виде набора цветowych и контурных признаков (как это было сделано для протяжённых бликов в (2), (4)), а также могут быть заданы в виде обучающей выборки элементов-эталонов.

Цветоконтурные элементы могут использоваться как вспомогательные объекты при решении задачи цветовой коррекции изображений по аналогии с использованием локальных особенностей [16]. Однако в отличие от указанных локальных особенностей цветоконтурные элементы не детектируются, а распознаются, например, с использованием СИФ (5) и решающего правила (9). Это даёт основание полагать, что цветоконтурные элементы занимают промежуточное положение между локальными особенностями и самостоятельными объектами на изображении.

Заключение

В работе удалось решить две принципиально разные задачи: детектирование артефактов и распознавание дорожных знаков с использованием общего подхода – фрактального анализа. В задачах анализа формы артефактов предпочтительны критерии фрактальной размерности. Разработанный с использованием этого критерия алгоритм обеспечивает сокращение в два раза времени обработки по сравнению с методом на основе алгоритма активного контура.

Задача распознавания дорожных знаков решена с использованием систем итерированных функций. Построенный алгоритм распознавания демонстрирует высокую устойчивость к изменениям масштаба, сдвига и поворота.

Благодарности

Работа выполнена при поддержке Министерства образования и науки РФ (ГК № 07.514.11.4105) и РФФИ (проект № 11-07-12051-офи-м).

Литература

1. **Minaev, E.** Effective Algorithms of Flare Detection with Analysis of the Shape in Real Time Video Surveillance Systems / E. Minaev, A. Nikonorov, P. Yakimov // Pattern Recognition and Image Analysis: Advances in Mathematical Theory and Applications. – 2011. – Vol. 21(2). – P. 407-410.
2. **Minaev, E.** Fractal Methods for Recognition of Compact Artifacts in Color Images / E. Minaev, A. Nikonorov // Proceedings of 8th Open German-Russian Workshop "Pattern Recognition and Image Understanding", Nizhny Novgorod. – 2011. – P. 198-201.
3. **Crownover, R.M.** Introduction to fractals and chaos / Jones & Bartlett Publisher. – 1995. – 308 p.
4. **Bibikov, S.A.** Information technology of retouching of point-like artefacts on color images / S.A. Bibikov, A.V. Nikonorov, V.A. Fursov // Proceedings of the IASTED ACIT 2010, June 2010, Novosibirsk, Russia. – 2010. – P. 123-126.
5. **Ihara, A.** Improvement in the accuracy of matching by different feature subspaces in traffic sign recognition / A. Ihara, H. Fujiyoshi, M. Takaki, H. Kumon, Y. Tamatsu // IEEJ Trans. on Electronics, Information and Systems. – 2009. – N 129 (5). – P. 893-900.
6. **Lorsakul, A.** Traffic Sign Recognition for Intelligent Vehicle Driver Assistance System Using Neural Network on OpenCV / A. Lorsakul, J. Suthakorn // Proc. of the 4th Int. Con. on Ubiquitous Robots and Ambient Intelligence. – 2007. – P. 279-284.
7. **Neil, G.** Shape Recognition Using a Novel Fractal Technique / G. Neil, K. M. Curtis, M. P. Craven // Proc. of the IEEE Int'l Conf. on Electronics, Circuits and Systems. – 1996. – Vol. 2. – P. 724-727.
8. **Abate, A.F.** 2D and 3D face recognition: a survey / A.F. Abate, M. Nappi, D. Riccio, G. Sabatino // Pattern Recognition Lett. – 2007. – Vol. 28 (14) – P. 1885-1906.
9. **Tan, T.** Face recognition using the weighted fractal neighbor distance / T. Tan, H. Yan // Systems, Man, and Cybernetics, Part C: Applications and Reviews, IEEE Transactions on. – 2005. – Vol. 35, – P. 576-582.
10. **Tan, T.** Face recognition by fractal transformations / T. Tan, H. Yan // In Proc. IEEE ICASSP. – 1999. – P. 3537-3540.

11. **Neil, G.** Scale and Rotationally Invariant Object Recognition Using Fractal Transformations / G. Neil, K. M. Curtis // IEEE ICASSP. – 1996. – Vol. 6, – P. 3458-3461.
12. **Kunwar, R.** Online handwriting recognition of Tamil script using Fractal geometry / R. Kunwar, A. G. Ramakrishnan // Proc. of 2011 International Conference on Document Analysis and Recognition, IEEE. – 2011. – P. 1389-1393.
13. **Мурашов, Д.М.** Метод автоматизированной сегментации изображений цитологических препаратов на основе модели активного контура / Д.М. Мурашов // ТРУДЫ МФТИ. – 2009. – Т. 1, № 1. – С. 80-89.
14. **Bibikov, S.A.** Detection and Color Correction of Artifacts in Digital Images / S.A. Bibikov, A.V. Nikonorov, V.A. Fursov, P.Y. Yakimov, R.K. Zakharov // Optoelectronics, Instrumentation and Data Processing, Springer. – 2011. – Vol. 47 (3) – P. 226-223.
15. **Fursov, V.A.** Color images correction – using identification technique / S.A. Bibikov, A.V. Nikonorov, V.A. Fursov, P.Y. Yakimov, E. Minaev // Pattern Recognition and Image Analysis: Advances in Mathematical Theory and Applications, Springer. – 2011. – Vol. 21(2) – P. 123-126.
16. **Tuytelaars, T.** Local Invariant Feature Detectors: A Survey / T. Tuytelaars, K. Mikolajczyk // Foundations and Trends® in Computer Graphics and Vision. – 2008. – Vol. 3(3). – P. 177-280.

References

1. **Minaev, E.** Effective Algorithms of Flare Detection with Analysis of the Shape in Real Time Video Surveillance Systems / E. Minaev, A. Nikonorov, P. Yakimov // Pattern Recognition and Image Analysis: Advances in Mathematical Theory and Applications. – 2011. – Vol. 21(2). – P. 407-410.
2. **Minaev, E.** Fractal Methods for Recognition of Compact Artifacts in Color Images / E. Minaev, A. Nikonorov // Proceedings of 8th Open German-Russian Workshop "Pattern Recognition and Image Understanding", Nizhny Novgorod. – 2011. – P. 198-201.
3. **Crownover, R.M.** Introduction to fractals and chaos / Jones & Bartlett Publisher. – 1995. – 308 p.
4. **Bibikov S.A.** Information technology of retouching of point-like artefacts on color images / S.A. Bibikov, A.V. Nikonorov, V.A. Fursov // Proceedings of the IASTED ACIT 2010, June 2010, Novosibirsk, Russia. – 2010. – P. 123-126.
5. **Ihara, A.** Improvement in the accuracy of matching by different feature subspaces in traffic sign recognition / A. Ihara, H. Fujiyoshi, M. Takaki, H. Kumon, Y. Tamatsu // IEEJ Trans. on Electronics, Information and Systems. – 2009. – N 129 (5). – P. 893-900.
6. **Lorsakul, A.** Traffic Sign Recognition for Intelligent Vehicle Driver Assistance System Using Neural Network on OpenCV / A. Lorsakul, J. Suthakorn // Proc. of the 4th Int. Con. on Ubiquitous Robots and Ambient Intelligence. – 2007. – P. 279-284.
7. **Neil, G.** Shape Recognition Using a Novel Fractal Technique / G. Neil, K. M. Curtis, M. P. Craven // Proc. of the IEEE Int'l Conf. on Electronics, Circuits and Systems. – 1996. – Vol. 2. – P. 724-727.
8. **Abate, A.F.** 2D and 3D face recognition: a survey / A.F. Abate, M. Nappi, D. Riccio, G. Sabatino // Pattern Recognition Lett. – 2007. – Vol. 28 (14) – P. 1885-1906.
9. **Tan, T.** Face recognition using the weighted fractal neighbor distance / T. Tan, H. Yan // Systems, Man, and Cybernetics, Part C: Applications and Reviews, IEEE Transactions on. – 2005. – Vol. 35. – P. 576-582.

10. **Tan, T.** Face recognition by fractal transformations / T. Tan, H. Yan // In Pr c. IEEE ICASSP. – 1999. – P. 3537-3540.
11. **Neil, G.** Scale and Rotationally Invariant Object Recognition Using Fractal Transformations / G. Neil, K. M. Curtis // IEEE ICASSP. – 1996. – Vol. 6. – P. 3458-3461.
12. **Kunwar, R.** Online handwriting recognition of Tamil script using Fractal geometry / R. Kunwar, A. G. Ramakrishnan // Proc. of 2011 International Conference on Document Analysis and Recognition, IEEE. – 2011. – P. 1389-1393.
13. **Murashov, D.M.** Automated cytological specimen image-segmentation technique based on the active contour model / D.M. Murashev // Proc. of Moscow Institute of Physics and Technology (State University). – М.: - 2009. – V. 1, N 1. – P. 80-89. – (in Russian).
14. **Bibikov, S.A.** Detection and Color Correction of Artifacts in Digital Images / S.A.Bibikov, A.V. Nikonorov, V.A. Fursov, P.Y. Yakimov, R.K. Zakharov // Optoelectronics, Instrumentation and Data Processing, Springer. – 2011. – Vol. 47 (3) – P. 226-223.
15. **Fursov, V.A.** Color images correction – using identification technique / S.A.Bibikov, A.V. Nikonorov, V.A. Fursov, P.Y. Yakimov, E. Minaev // Pattern Recognition and Image Analysis: Advances in Mathematical Theory and Applications, Springer. – 2011. – Vol. 21(2) – P. 123-126.
16. **Tuytelaars, T.** Local Invariant Feature Detectors: A Survey / T. Tuytelaars, K. Mikolajczyk // Foundations and Trends® in Computer Graphics and Vision. – 2008. – Vol. 3(3), P. 177-280.

**OBJECT DETECTION AND RECOGNITION
IN THE DRIVER ASSISTANCE SYSTEM
BASED ON THE FRACTAL ANALYSIS**

*E. Yu. Minaev, A. V. Nikonorov
Image Processing Systems Institute of the RAS,
S.P. Korolyov Samara State Aerospace University*

Abstract

The paper considers detection of artifacts in CCTV systems and recognition of the traffic signs. We propose the algorithms based on the fractal analysis to solve these problems. Proposed algorithm of artifact detection uses the fractal dimension as a shape feature of the artifact. Recognition algorithm is based on the iterative functions systems and comparison of its attractors. The efficiency of the proposed approaches was proved experimentally. Proposed algorithms are robust to the most of the image distortion such as scaling, rotation, and shift in the wide range of distortion intensity.

Key words: Driver assistance systems, CCTV systems, pattern recognition, artifacts detection, fractal dimension, iterative functions system.

Сведения об авторах



Минаев Евгений Юрьевич. Магистр прикладной математики и физики. В настоящий момент проходит обучение в аспирантуре Самарского государственного аэрокосмического университета. Область научных интересов: алгоритмы обработки изображений, фракталы и хаос, нелинейная динамика, машинное зрение.

E-mail: e.minaev@gmail.com.

Evgeniy Yurevich Minaev. Master of Applied Mathematics and Physics. Currently he is PHD student at Samara State Aerospace University. Research interests are image processing algorithms, fractals, chaos theory, nonlinear dynamics, computer vision.



Никоноров Артём Владимирович родился в 1979 году. В 2002 году окончил Самарский государственный аэрокосмический университет и поступил в аспирантуру. Кандидат технических наук, доцент кафедры общей информатики СГАУ. Опубликовал более 50 работ. Область научных интересов: распознавание образов и анализ изображений, идентификация систем, параллельные и распределённые вычисления, вычисления с использованием графических процессоров.

E-mail: admin@mcdk.com.

Artem Vladimirovich Nikonorov (b. 1979). He graduated from SSAU in 2002 and became a PHD-student. After that, he got PHD degree (Engineering) degree in 2005. Now he works as an associated professor at Computer Science sub-department of SSAU. He has more than 50 publications. Field of scientific interest: pattern recognition and image analysis, system identification, parallel and distributed programming, GPGPU programming.

Поступила в редакцию 29 декабря 2011 г.