

7. "Земельный кодекс Российской Федерации" от 25.10.2001 - N 136-ФЗ //ред. от 25.12.2018 (с изм. и доп., вступ. в силу с 01.01.2019).
8. Федеральном законе "О государственной кадастровой оценке" от 03.07.2016- N 237-ФЗ //ред. от 29.07.2017.
9. *Хабарова И.А, Хабаров Д.А, Быконя К.М.* Эффективность применения Гис при постановке земельного участка на кадастровый учет//Международный журнал прикладных наук и технологий «integral»,2018.
10. *Беляков.С.Л.* Электронный документооборот и генерализация электронных карт в ГИС // Журнал «Известия Южного федерального университета. Технические науки», 2014.

**Филимонова Ольга Алексеевна** – студентка Южного Федерального Университета, Россия, город Таганрог, переулок Тургеневский 44,347900, телефон +7 (9508)57-02-50, email: feelcomdog@gmail.com.

**Filimonova Olga Alekseevna** – Student of The Southern Federal University, Russia, Taganrog, 44 Turgenevsky lane,347900, phone: +7 (9508)57-02-50, email: feelcomdog@gmail.com.

УДК 621.397

Фадеева Анастасия Борисовна, Пилипенко Александр Михайлович

## **АЛГОРИТМЫ НЕЛИНЕЙНОЙ ОБРАБОТКИ ИЗОБРАЖЕНИЙ ДЛЯ ЗАДАЧ ОБНАРУЖЕНИЯ И РАСПОЗНАВАНИЯ ОБРАЗОВ**

*Реализован автоматизированный метод повышения локального контраста на основе теории ретинекса и комплексирования экстремумов масштабных слоев в пакете прикладных программ MATLAB. Добавлено восстановление цвета после контрастирования яркостной компоненты. Проведено сравнение гистограмм исходного и обработанного изображения.*

*Локальный контраст, контрастирование, ретинекс, восстановление цвета, распознавание образов.*

Fadeeva Anastasia Borisovna, Pilipenko Alexandr Mikhaylovich

## ALGORITHMS OF NONLINEAR IMAGE PROCESSING FOR PROBLEMS OF PATTERN DETECTION AND RECOGNITION

*The automated method of local contrast enhancement based on retinex theory and aggregation of scale-space layers extrema is implemented in the MATLAB environment. Color saturation adjustment for producing more natural colors is added. The histograms of the original and processed image were compared.*

*Local contrast, contrast enhancement, retinex, color restoration, image recognition.*

**Введение.** Основные трудности решения задач обнаружения и распознавания образов обусловлены следующими факторами: динамическое изменение погодных условий и интенсивности освещения, наличие помех в виде теней, тумана и яркого солнечного света. Все перечисленные факторы могут значительно влиять на яркость и локальный контраст распознаваемых образов. Для решения задач автоматизированного обнаружения и распознавания используются искусственные нейронные сети, результат работы которых существенно зависит от поданных на вход данных. Обучение нейронных сетей на изображениях с низким уровнем локального контраста может привести к многократным ошибкам. Предобработка нелинейными алгоритмами контрастирования позволяет значительно улучшить восприятие объектов интереса на изображении.

Особый интерес представляет модифицированный алгоритм ретинекс с применением комплексирования экстремумов масштабных слоев [1], который превосходит прочие методы в части повышения локального контраста. Теория ретинекса моделирует визуальное восприятие световой информации человеком [2]. Традиционные методы повышения контраста – линейное преобразование яркости с отсечкой, гамма-коррекция, эквализация гистограммы [3], гомоморфная фильтрация [4] – не обладают универсальностью и требуют участия оператора в выборе метода и задании его настраиваемых параметров.

**Алгоритм ретинекс.** Согласно теории ретинекса модель процесса визуального восприятия световой информации человеком состоит в вычитании из логарифма входного изображения логарифма сглаженного входного

изображения с последовательно возрастающим СКО ФНЧ-фильтра. Результаты вычитаний, именуемые масштабными слоями [5], суммируются:

$$C_i(x, y) = \sum_{p=1}^P W_p \left\{ \log[I_i(x, y)] - \log[I_i(x, y) * G_p(x, y)] \right\}, \quad (1)$$

где  $i \in R, G, B$  – цветовые каналы входного изображения  $I$ ;  $P$  – количество масштабных слоев;  $W_p$  – весовой коэффициент  $p$ -го слоя; символ “\*” обозначает свертку,  $G_p(x, y)$  – импульсная характеристика фильтра Гаусса с соответствующим среднеквадратическим отклонением (СКО).

Применение алгоритма (1) нивелирует пространственно-значимые перепады яркости и подчеркивает локальные, с одновременным растяжением динамического диапазона оттенков в тенях за счет логарифмирования. Классический алгоритм ретинекс описан в [6]. Акцент на возможности построения автоматизированной обработки изображений на его основе делается в [7].

**Модифицированный алгоритм ретинекс.** В данной работе был реализован модифицированный алгоритм ретинекс с применением комплексирования экстремумов масштабных слоев (рис. 1).

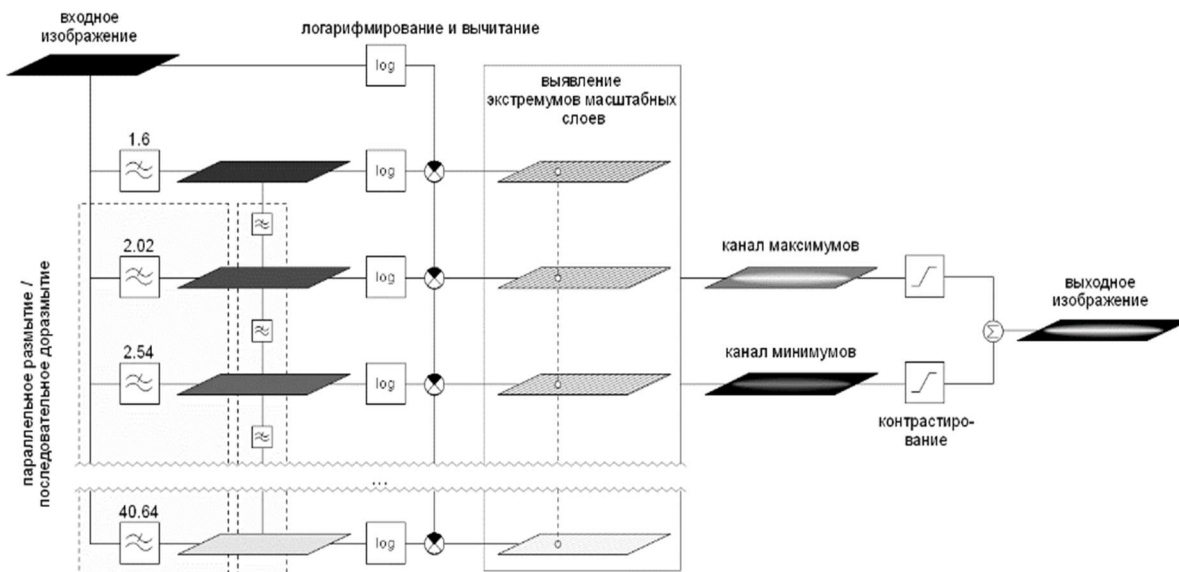
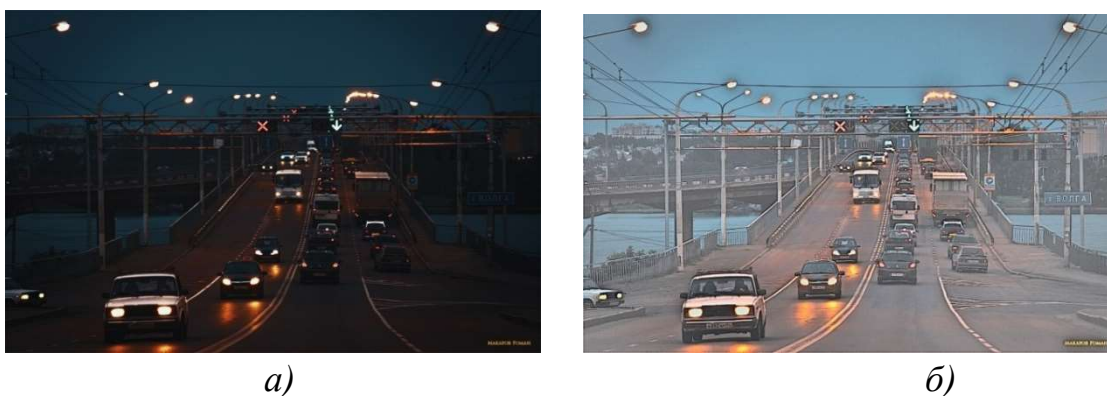


Рис. 1. Реализация модифицированного алгоритма ретинекс

Для реализации алгоритма использовался пакет MATLAB. Суть алгоритма заключается в следующем: с помощью логарифмированной гауссовой пирамиды и последующего вычитания из нее логарифма входного изображения, которое представляется каналом яркости в цветовой модели YUV, получают масштабные слои. Далее для каждого пикселя входного

изображения выбираются экстремумы из всей совокупности масштабных слоев, таким образом, выполняется переход к каналам минимумов и максимумов. После приведения их к нужному динамическому диапазону с помощью линейного контрастирования с отсечкой, выполняется пропорциональное суммирование.

Модифицированный алгоритм имеет ряд преимуществ. Например, выделение яркостного канала в пространстве  $YUV$  позволяет избежать появления артефактов в оттенках цвета. Разделение яркостного и цветоразностных каналов при обработке алгоритмом ретинекс рассматривается в работе [8]. Цветовые компоненты  $U$  и  $V$  обрабатываются с помощью маски коэффициентов усиления цвета, выравнивая тем самым насыщенность выходного изображения (рис.2).



*Рис. 2. Исходное изображение а) и результат обработки рассматриваемым методом нелинейного контрастирования б)*

С целью уменьшения цветовых сдвигов при обработке цветных изображений в предлагаемый алгоритм добавляются следующие шаги:

- исходное изображение в цветовом пространстве  $RGB$  преобразовывается в цветовое пространство  $YUV$  с помощью общепринятых формул перехода;
- рассматриваемый алгоритм применяется только к каналу  $Y$ , соответствующему интенсивности изображения;
- каналы цветности  $U$ ,  $V$  изменяются с помощью маски коэффициентов усиления цвета;
- полученное изображение  $YUV$  преобразовывается в цветовое пространство  $RGB$ .

На рис. 3 приведены гистограммы распределения яркости входного и выходного изображений. Использовано построение гистограмм на 256

уровней яркости, столбцы показывают количество пикселей изображения с соответствующей яркостью – функция MATLAB *histogram(rgb2gray(image), 256)*. Так как каждый из каналов *R*, *G*, *B* имеет своё распределение яркостей, то для вывода гистограммы можно рассматривать каждый канал в отдельности – строить 3 гистограммы, либо преобразовать изображение в оттенки серого – функция *rgb2gray(image)*, которая на выходе дает изображение с одним каналом и несет в себе информацию об интенсивности всего изображения.

Анализируя распределение на рисунке рис. 3, *а*, можно сделать вывод, что первое изображение темное, так как вблизи нуля (черный цвет кодируется нулем в распределении  $[0\ 1]$ ) сконцентрированы почти все пиксели изображения. Это подтверждается и самим изображением (рис. 2, *а*) – оно снято в ночное время и дорожная инфраструктура практически не видна. Распределение яркостей в диапазоне  $[0.5\ 0.9]$  близко к нулю, то есть средних тонов на изображении нет.

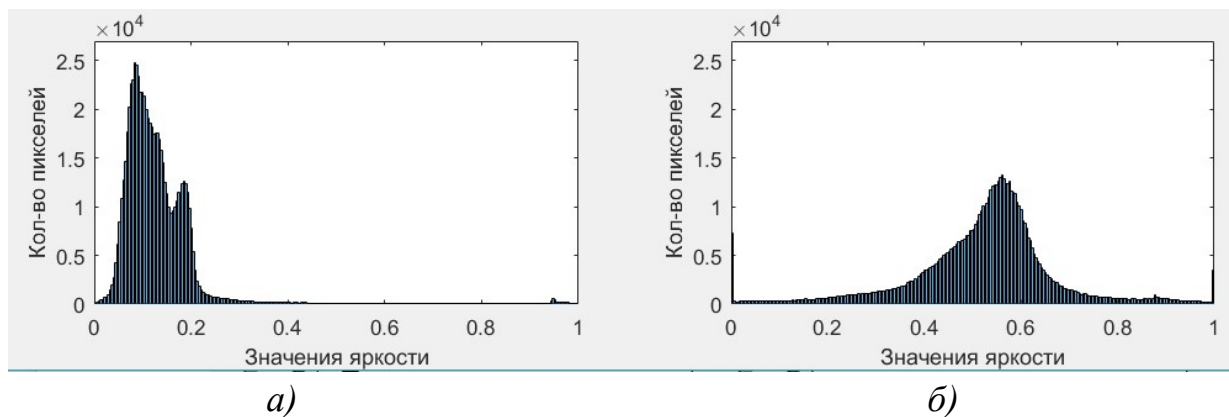


Рис. 3. Гистограммы распределения яркости входного (*а*) и выходного (*б*) изображений

Для того, чтобы изображение было более легким для восприятия, гистограмма должно иметь нормальное распределение, что показано в [9]. На таких изображениях нет засветов и затемнений, на снимке преобладают средние тона. Изображение с полным тональным диапазоном содержит ненулевое число пикселей во всех областях. На рис. 3, *б* представлена гистограмма яркостного канала изображения на выходе алгоритма. Математическое ожидание распределения яркостей переместилось к центру, то есть на изображении преобладают средние тона (полутона), гистограмма стала близка к гауссовому распределению. Из этого следует, что примене-

ние алгоритма улучшило визуальное восприятие сцены, что подтверждается статистическим анализом.

На рис. 4 для сравнения показаны области интереса входного (*а*, *в*) и выходного (*б*, *г*) изображений в укрупненном масштабе. Видно, что текст знака и автомобильный номер стали более читаемыми, тогда как на входном изображении номерной знак практически не различим.



Рис. 4. Детали входного (*а*, *в*) и выходного (*б*, *г*) изображений

**Выводы.** Использование модифицированного алгоритма повышения локального контраста для обработки цветных изображений в пространстве  $YUV$  позволяет снизить временные затраты до одной трети времени моделирования, т.к. обрабатывается только одна компонента, соответствующая интенсивности изображения. Предварительная обработка алгоритмами повышения локального контраста позволит улучшить работу известных искусственных нейронных сетей [10], которые способны различать цифры и буквы на изображениях, а также находить на изображении автомобильные номера.

Изображение, локальный контраст которого повышен рассматриваемым алгоритмом, проще обрабатывать как человеку, так и искусственным нейронным сетям, которые выделяют признаки исходя из поданных на вход изображений. Таким образом, можно повысить точность распознавания, снизить ошибки пропуска искомого объекта. Для систем управления беспилотным транспортным средством так же большое значение имеет компьютерное зрение, так как с помощью алгоритмов обработки изображений детектируются знаки, светофоры, полоса движения и разметка, препятствия, автомобили и пешеходы.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Рюмин О.Г., Волков Е.П.* Автоматизированный метод повышения локального контраста на основе теории ретинекса и комплексирования экстремумов масштабных слоев // Труды Международной научно-технической конференции «Кибернетика и высокие технологии» – Т.1., Воронеж, 2014. – с.112 – 123.
2. *Land E. H., McCann J. J.* Lightness and retinex theory. Journal of the Optical Society of America, 61(1):1-11, January 1971.
3. *Pizer S.M., Amburn E.P., Austin J.D., Cromartie R., Geselowitz A., Greer T., ter Haar Romeny B., Zimmerman J.B., Zuiderveld K.* Adaptive Histogram Equalization and Its Variations // Computer Vision, Graphics, & Image Processing 39, 1987. – pp. 355 – 368.
4. *Гонсалес Р., Вудс Р., Эддингс С.* Цифровая обработка изображений в среде MATLAB. М.:Техносфера, 2006.- 616 с.
5. *Яне Б.* Цифровая обработка изображений. М.:Техносфера, 2007.- 584 с.
6. *Rahman Z., Jobson D., Woodell G.A.* Multiscale Retinex for color image enhancement // Proc. IEEE Intl. Conf. Image Process, September 1996. – pp. 1003 – 1006.
7. *Rahman Z., Jobson D., Woodell G.A.* Multiscale Retinex Processing for Automatic Image Enhancement // Journal of Electronic Imaging Vol. 13, No. 1, 2004. – pp. 100 – 110.
8. *Golub Y., Starovoitov V.* Преобразование цветных изображений на базе технологии Ретинекс. Искусственный интеллект, 2007. 256-261 с.
9. *Андреев Ю.С.* Методы гистограммных преобразований и контроля в процессах полиграфического воспроизведения изображений / Ю. С. Андреев, О. А. Гурьянова, Е. А. Пухова // Информация: передача, обработка, восприятие: материалы международной научно-практической конференции (Екатеринбург, 12–13 января 2016 г.). — Екатеринбург: УрФУ, 2016. — С. 68-80.
10. *Хайкин С.* Нейронные сети. Полный курс, 2-е изд. Пер. с англ. – М.: Издательский дом "Вильямс", 2006. – 1104 с.

**Фадеева Анастасия Борисовна** – магистрант кафедры теоретических основ радиотехники Южного федерального университета, Россия, г. Таганрог, пер. Некрасовский 44, 347922, телефон: +7(938)117-41-66, e-mail: [nastasya-fadeeva@inbox.ru](mailto:nastasya-fadeeva@inbox.ru).

**Пилипенко Александр Михайлович** – кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедрой теоретических основ радиотехники Южного федерального университета, телефон: +7(8634)37-16-32, e-mail: [ampilipenko@sfedu.ru](mailto:ampilipenko@sfedu.ru).

**Fadeeva Anastasia Borisovna** – master student of the department of fundamentals of radio engineering, Southern Federal University, Russia, Taganrog, 44 Nekrasovskiy lane, 347922, phone: +7(938)117-41-66, e-mail: [nastasya-fadeeva@inbox.ru](mailto:nastasya-fadeeva@inbox.ru).

**Pilipenko Alexandr Mikhaylovich** – candidate of engineering sciences, associate professor, Head of the department of fundamentals of radio engineering, Southern Federal University, phone: +7(8634)37-16-32, e-mail: [ampilipenko@sfedu.ru](mailto:ampilipenko@sfedu.ru).

УДК 681.3.06

Подсвиров Владимир Николаевич

## **СИНТЕЗ ВСТРОЕННОГО КОНТЕКСТНО-ДООПРЕДЕЛЯЕМОГО ЯЗЫКА ДЛЯ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ ОБУЧАЮЩИХСЯ АГЕНТОВ (ПРЕДСКАЗАНИЕ ПОТРЕБЛЕНИЯ РЕСУРСОВ В СФЕРЕ ЖКХ)**

*В данной работе рассматриваются вопросы создания и использования контекстно-доопределяемых машинных языков для разработки новых информационных технологий. Рассмотрены вопросы реализации таких языков для интеллектуальных агентов, ориентированных на решения задач предсказания потребления ресурсов в сфере жилищно-коммунального хозяйства.*

*Особое внимание уделяется синтезу контекстно-доопределяемого языка, создаваемого для интеллектуального агента, реализующего функции предсказания потребления ресурсов в сфере ЖКХ.*

*Основная идея синтеза встроенного языка состоит в придании ему средств выделения частей алгоритма компонента и организации изменяемого в процессе вычислений соответствия между такой частью и контекстом. Благодаря этой связи исходный алгоритм может изменяться прямо или косвенно в процессе жизнедеятельности ИОА. В результате получается необходимое адаптационное изменение алгоритмов на основе накопленных знаний.*

*Машинные языки, контекстно-доопределяемые языки, новые информационные технологии, реализация машинных языков, интеллектуальные обучаемые агенты.*