

# УЛУЧШЕНИЕ ИЗОБРАЖЕНИЙ В ОТТЕНКАХ СЕРОГО ПУТЕМ РАЗРАБОТКИ ЛИНЕЙНОЙ ИНТЕРПОЛЯЦИИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ АЛГОРИТМА FIREFLY

## ENHANCING GRAYSCALE IMAGES BY DEVELOPING LINEAR INTERPOLATION USING FIREFLY ALGORITHM

*Al janzeer Zualfekar Munif*

*Summary.* «Brightness is one of the most important characteristics of pixels. It is involved in many image editing algorithms, such as contrast or shadow/highlight» [7, p.117]. Changing the brightness of grayscale images is important because it improves overall visibility and clarity. In addition, it can improve detail and contrast, thereby making it easier to perceive and differentiate the various components of the image. In addition, this technique can also help correct any exposure issues or lighting inconsistencies in the original image, ensuring that it is displayed accurately and correctly. In this paper, we propose to use the firefly algorithm with a linear interpolation method to adjust the brightness of grayscale images.

*Keywords:* Firefly, brightness, contrast, grayscale images, linear interpolation, pixel.

**Аль жанзир Зуалфекар Муниф**

Аспирант, Белгородский государственный  
национальный исследовательский университет  
1689419@bsuedu.ru

*Аннотация.* «Яркость одна из самых важных характеристик пикселей. Она участвует во многих алгоритмах редактирования изображений, таких как контрастность или тень/подсветка» [7, С.117]. Изменение яркости изображений в оттенках серого имеет важное значение, поскольку оно улучшает общую видимость и четкость. Кроме того, оно может улучшить детализацию и контрастность, тем самым облегчая восприятие и дифференциацию различных компонентов изображения. Кроме того, эта техника может также помочь исправить любые проблемы экспозиции или несоответствия освещения в исходном изображении, гарантируя, что оно будет отображаться точно и корректно. В этой статье мы предлагаем использовать алгоритм firefly с методом линейной интерполяции для регулировки яркости серых изображений.

*Ключевые слова:* Firefly, яркость, контраст, серые изображения, линейная интерполяция, пиксель.

## Введение

«Часто люди поспешно делают фотографию, а затем при последующем рассмотрении испытывают сожаление по поводу ее неудовлетворительного качества» [6, С.16]. Обычно это происходит из-за плохого освещения, а также из-за ошибки в пространстве и направлении света на изображение (Рис. 1).

Г. Вышецкий, У.С. Стайлз, определяют яркость как «атрибут зрительного ощущения, согласно которому данный визуальный стимул кажется более или менее интенсивным; или, согласно которому область, в которой представлен визуальный стимул, кажется излучающей больше или меньше света» [7, С.118].

А.Л. Гилкрест тоже определяют яркость как «перцептивное измерение, которое простирается от тусклого до яркого, и мы также можем сказать это перцептивный термин» [3, С.114].

В физических терминах яркость определяется как абсолютная интенсивность света, отраженного в направле-

нии глаза наблюдателя поверхностью (или, по крайней мере, исходящего от определенной части поля зрения). Вкратце, если светлота — это воспринимаемая отражательная способность, то яркость — воспринимаемое отношение силы света, излучаемого поверхностью. Термин отражательная способность объекта обозначает относительно постоянное свойство, в то время как его яркость изменчива.

Изображения серого цвета могут отличаться по яркости из-за различных факторов, таких как настройки экспозиции камеры, условия освещения и композиция изображения.

Высокая яркость изображения в оттенках серого может возникнуть, если снимок подвергается воздействию яркого света, что означает, слишком большой поток фотонов достиг сенсора камеры во время съемки. Это может привести к более яркому общему изображению с меньшей детализацией в светлых участках.

В целом, настройки экспозиции камеры играют важную роль в определении уровней яркости фотографии, и регулировка этих настроек может помочь добиться

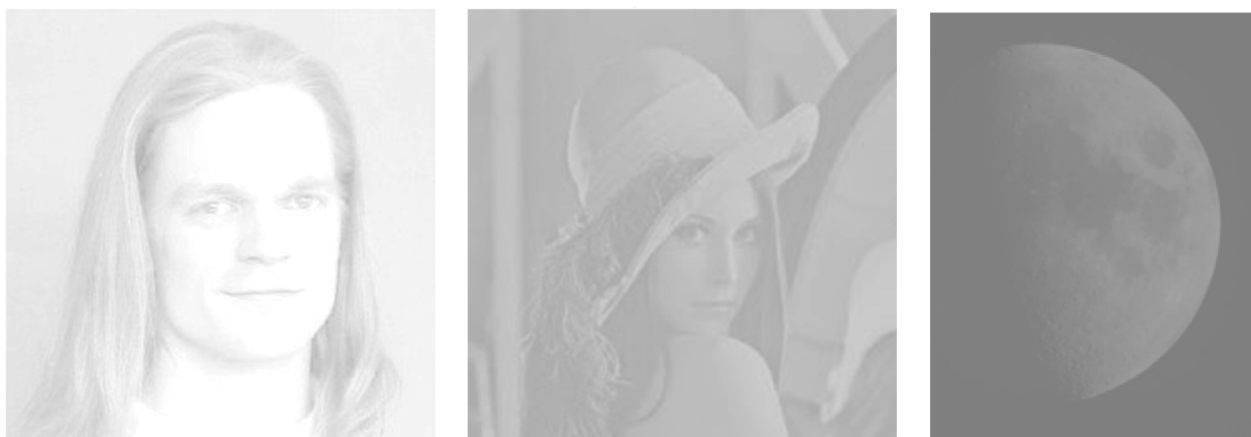


Рис. 1. Изображение высокой яркости

более сбалансированного и хорошо экспонированного изображения.

Чтобы решить эту проблему, мы можем отрегулировать яркость изображений в оттенках серого, как мы объясняли ранее, что может нам помочь показать большее количество мелких деталей и улучшить четкость. И наоборот, уменьшение яркости может усилить контраст между различными оттенками серого, делая изображение более резким и определенным. Регулировка яркости является распространенным методом, используемым для улучшения качества изображений в оттенках серого в программном обеспечении для редактирования изображений.

### Материалы и методы

Методология, применяемая в данном исследовании, использует линейную интерполяцию (Linear interpolation) в качестве основного технологического подхода.

«Линейная интерполяция — это простейший метод получения значений в позициях между точками данных. Точки просто соединяются отрезками прямых линий» [2].

Когда мы хотим использовать линейную интерполяцию в области изображения, исследователи Т.М. Леманн, К. Гоннер и К. Шпитцер определяют ее следующим образом: «Интерполяция имеет многочисленные приложения в компьютерном зрении. Это первый из двух основных шагов повторной выборки, который преобразует дискретную матрицу в непрерывное изображение» [5].

Последующая выборка этого промежуточного результата дает повторно выбранное дискретное изображение. Этот процесс необходим для манипулирования дискретными изображениями, например, для геометрического выравнивания и регистрация, для улучшения качества изображения на устройствах отображения или в области сжатия изображений с потерями, когда не-

которые пиксели или некоторые кадры отбрасываются в процессе кодирования и должны быть восстановлены из оставшейся информации для декодирования. Поэтому методы интерполяции изображений заняли особое положение в обработке медицинских изображений [1]. Что касается следующего математического уравнения, то оно относится к линейной интерполяции

$$\text{Liner Interpolation}(y) = y_1 + (x - x_1) \frac{(y_2 - y_1)}{(x_2 - x_1)} \quad (1)$$

Где  $x_1$  и  $y_1$  : первые координаты.

$x_2$  и  $y_2$  : вторые координаты.

$x$  : точка для выполнения интерполяции.

$y$  : интерполированное значение.

После определения линейной интерполяции и ее использования с изображениями мы можем перейти к следующему шагу определению алгоритма Firefly.

Мета эвристические алгоритмы, вдохновленные природой, особенно те, которые основаны на роевом интеллекте (Particle Swarm Optimization — PSO), привлекли большое внимание в последние годы. Алгоритм Firefly появился в 2008 году, а книга китайского исследователя С.Ш. Янгами «Nature-Inspired Metaheuristic Algorithms» значительно расширилась за счет разнообразных приложений, в математической оптимизации алгоритм Firefly представляет собой мета эвристический метод, предложенный, и вдохновленный поведением firefly [9, С.65–66].

Мы можем обобщить работу алгоритма с помощью следующих трех идеальных правил [8, С.38]:

- Firefly являются однополыми, поэтому один Firefly будет привлекаться другими Firefly независимо от их пола.

- Привлекательность пропорциональна яркости, и они обе уменьшаются по мере увеличения расстояния. Таким образом, для любых двух мигающих Firefly менее яркий будет двигаться к более яркому. Если нет более яркого, чем конкретный Firefly, он будет двигаться случайным образом.
- Яркость Firefly определяется ландшафтом целевой функции (Objective function).

Используя этот алгоритм, мы попытаемся обновить значения каждого из  $(y_1, y_2)$ , которые являются координатами точек изображения, чтобы достичь соответствующих значений или представить потенциальное решение, которое поможет нам настроить соответствующую яркость для серых изображений.

### Решение

Основная формула обновления для любой пары из двух fireflies  $x_i$  и  $x_j$

$$x_i^{t+1} = x_i^t + \beta_0 e^{-\gamma_{ij}^2} (x_j^t - x_i^t) + \alpha_t \epsilon_i^t$$

Настройки параметров:

Поскольку привлекательность firefly пропорциональна интенсивности света, который видят соседние firefly, теперь мы можем определить изменение привлекательности  $\beta$  в зависимости от расстояния  $r$  следующим образом:

$$\beta = \beta_0 e^{-\gamma_{ij}^2}, \text{ где } \beta_0 \text{ привлекательность при } r = 0.$$

$\alpha_t = \alpha_0 \delta^t$ , где  $\alpha_0 = 0.01L$  начальный коэффициент масштабирования случайности (коэффициент 0.01 возникает из-за того, что случайные блуждания требуют определенного количества шагов для достижения цели, при этом балансируя локальную эксплуатацию, не прыгая слишком далеко за несколько шагов),  $\delta^t$  является фактором охлаждения ( $0 < \delta < 1$ ) и допустимо ( $\delta = 0.95, 0.97$ )

$\epsilon_i^t$  вектор случайных чисел, полученных из гауссовского распределения или равномерного распределения в момент времени  $t$ .

$L$  средний масштаб интересующей проблемы.

$\gamma = \frac{1}{\sqrt{L}}$ , но в нашей ситуации он равен нулю ( $\gamma = 0$ ), что соответствует стандартной оптимизации роя частиц (PSO).

Как уже говорилось ранее, нам необходимо повысить контрастность изображения, изменив значения его

пикселей. Повышение контрастности достигается путем расширения диапазона интенсивности пикселей, часто от более узкого диапазона к более широкому.

Возвращаясь к нашим изображениям, когда нам нужно применить предыдущий алгоритм, мы должны определить функцию приспособленности, которая вычисляет контрастность улучшенного изображения, определяемую как разница между максимальным и минимальным значениями пикселей после применения линейной интерполяции для повышения контрастности.

### Результаты

После запуска алгоритма мы получим два значения, эти два значения являются координатами firefly, который помогает улучшить серые изображения.

Первое из которых наилучший минимальный выход (best min output —  $y_2$ ), и второе наилучший максимальный выход (best max output —  $y_1$ ) (1).

Применяя эти новые значения к формуле линейной интерполяции (1), контрастность изображения будет улучшена (Таблица 1). Функция пригодности (Fitness function) гарантирует, что алгоритм оптимизируется для максимально возможной контрастности, которая определяется разницей между минимальным и максимальным значениями пикселей в улучшенном изображении.

Следуя гистограммам предыдущих серых изображений, мы можем обнаружить, что пиксели распределены по всей оси  $X$ , а не находятся по одну сторону от оси  $X$ , что означает, что серое изображение имеет хороший баланс интенсивности пикселей и контрастности, что приводит к улучшению изображения и делает его читаемым и четким, кроме того, процент яркости (Brightness percentage) (2) исходного серого изображения изменился, понизив их и сделав темнее.

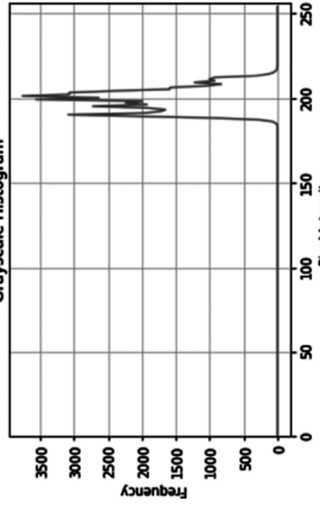
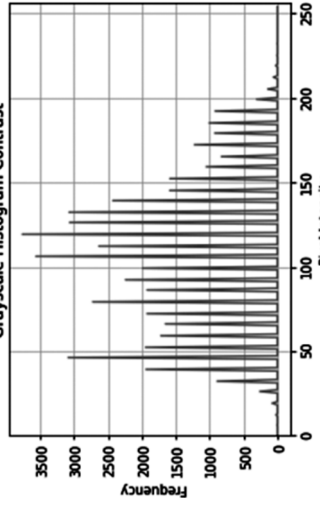
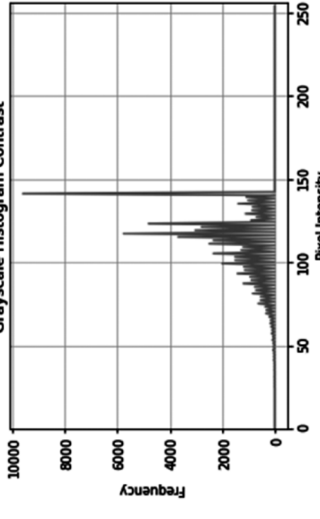
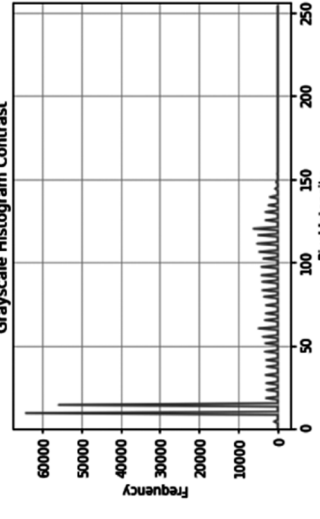
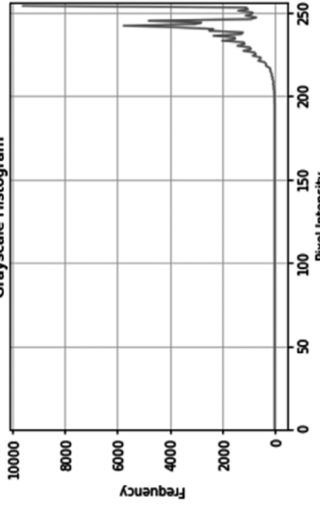
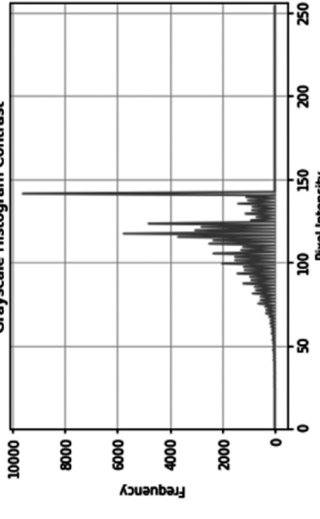
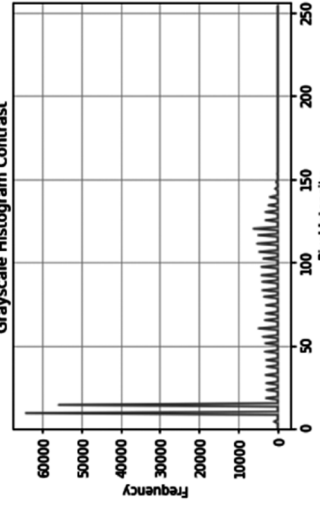
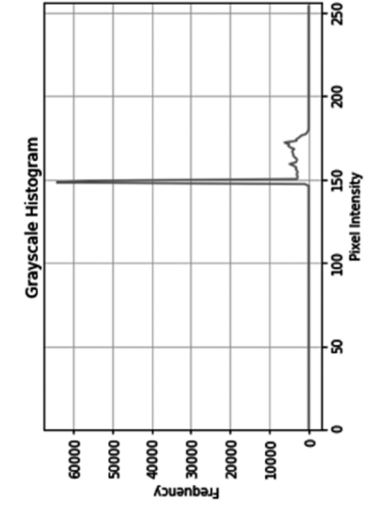
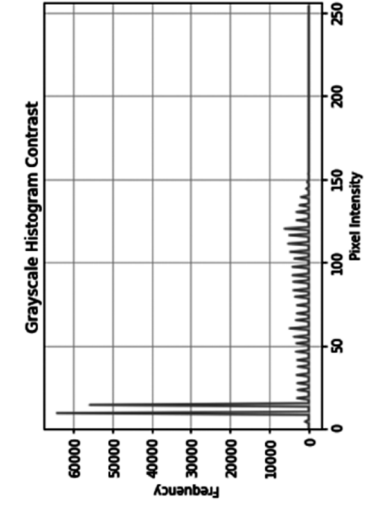
$$\text{Brightness percentage} = \frac{\frac{1}{n} \sum I(x, y)}{I_{\max}(x, y)} * 100\% \quad (2)$$

Рисунок (Рис. 2) показывает, как контраст расширенного серого изображения был увеличен нашим предложенным способом по сравнению с контрастом серых изображений до улучшения.

Кроме того, Рисунок (Рис. 3) показывает, что яркость расширенных серых изображений была уменьшена по сравнению с той же концепцией исходных серых изображений.

Теперь мы можем использовать эти улучшенные изображения для выполнения некоторых методов, таких как сегментация изображения, улучшенное изображе-

Таблица 1.

| Результаты                                                                            |                                                                                       |                                                                                      | Гистограмма улучшенного изображения                                                 |                                                                                     |                                                                                     |
|---------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|
| Исходное серое изображение                                                            | Улучшенное серое изображение                                                          | Гистограмма исходного изображения                                                    | Grayscale Histogram Contrast                                                        |                                                                                     |                                                                                     |
|    |    |    |    |    |  |
|    |    |    |    |  |  |
|  |  |  |  |  |  |

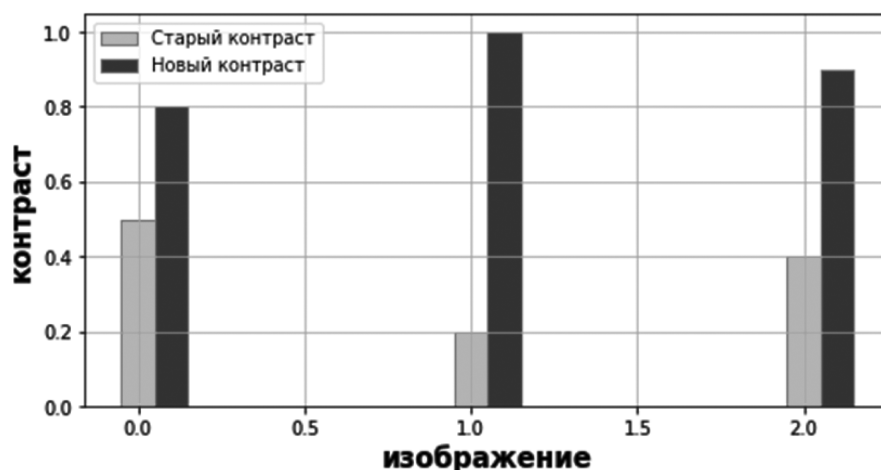


Рис. 2. Контраст до и после улучшения

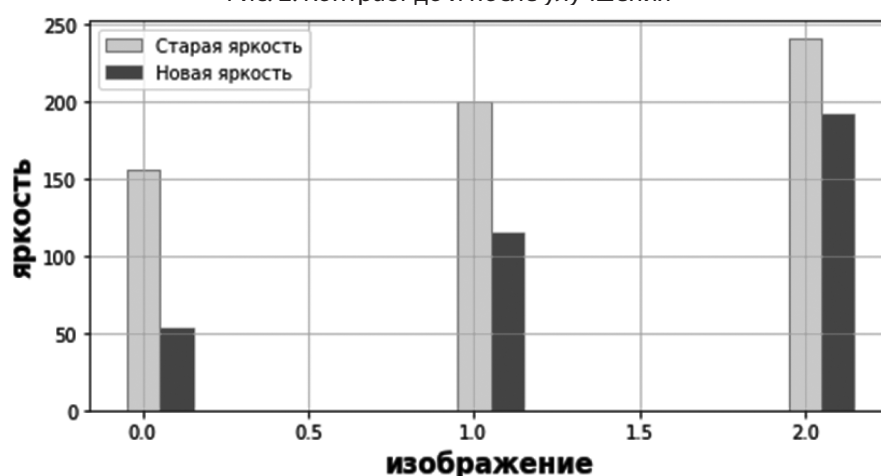


Рис. 3. Яркость до и после улучшения

ние будет отображать больше деталей, чем исходные изображения.

Результаты анализа показали, что новая зона яркости эффективна, и стало легче распознавать детали изображений.

### Заключение

Оптимизация линейной интерполяции с помощью алгоритма Firefly оказалась эффективным методом улуч-

шения яркости в различных приложениях. Используя уникальные возможности алгоритма Firefly, мы смогли добиться значительного улучшения яркости и общей производительности. Этот процесс достаточно перспективен при повышении качества и эффективности линейной интерполяции, делая ее ценным инструментом для широкого спектра отраслей и приложений. Ожидается, что будущие исследования и разработки в этой области дадут все более значимые результаты, еще больше укрепив позицию алгоритма Firefly как важнейшего инструмента для оптимизации яркости в различных условиях.

### ЛИТЕРАТУРА

1. Bezryadin S., Bourov P., Ilinih D., Brightness Calculation in Digital Image Processing, // International Symposium on Technologies for Digital Photo Fulfillment, 2007. С.1. [Электронный ресурс] — Режим доступа: URL:10.2352/ISSN.2169-4672.2007.1.0.10
2. Bourke P., Nearestneighbour weighted interpolation, Interpolation methods, 1999, С.1. [Электронный ресурс] — Режим доступа: URL:https://www.researchgate.net/publication/246924712
3. Gilchrist A.L., Lightness, Brightness and Transparency, 2013, С. 113–116. [Электронный ресурс] — Режим доступа: URL:https://books.google.ru/books?hl=ru&lr=&id=GpPXNhf1bmKC&oi=fnd&pg=PP2&dq=Lightness+and+brightness+Alan+L.+Gilchrist&ots=1020ecQTwy&sig=S1fxAli1XoxLTt7u6NSW0IngekY&redir\_esc=y#v=onepage&q=Lightness%20and%20brightness%20Alan%20L.%20Gilchrist&f=false
4. Lehmann T.M., Oberschelp W., Pelikan E., Repges R., Bildverarbeitung für die Medizin: Grundlagen, Modelle, Methoden, Anwendungen (in German). Berlin, Germany: Springer-Verlag, 1997.

5. Lehmann T.M., Gönner C., Spitzer K., Survey: Interpolation Methods in Medical Image Processing, 1999, С.1, [Электронный ресурс] — Режим доступа: URL:10.1109/42.816070.
6. Thiruvikraman P. Course on Digital Image Processing with MATLAB (new), 2020. С. 16–18.
7. Wyszecki G., Stiles W.S., Color Science. Concepts and Methods, Quantitative Data and Formulae, Second Edition, John Wiley & Sons, 2000, С.117–119. [Электронный ресурс] — Режим доступа: URL:[https://books.google.ru/books?hl=ru&lr=&id=dOKdEAAAQBAJ&oi=fnd&pg=PA1&dq=Color+Science.+Concepts+and+Methods&ots=\\_x02YEWdAk&sig=D-XqjOFZszTVHpfeITshiU1RfZw&redir\\_esc=y#v=onepage&q=Color%20Science.%20Concepts%20and%20Methods&f=false](https://books.google.ru/books?hl=ru&lr=&id=dOKdEAAAQBAJ&oi=fnd&pg=PA1&dq=Color+Science.+Concepts+and+Methods&ots=_x02YEWdAk&sig=D-XqjOFZszTVHpfeITshiU1RfZw&redir_esc=y#v=onepage&q=Color%20Science.%20Concepts%20and%20Methods&f=false).
8. Yang X.S., Xing S.H., Firefly algorithm: recent advances and applications, 2013, С. 37–39. [Электронный ресурс] — Режим доступа: URL:10.1504/IJSI.2013.055801.
9. Yang X.S. (2010). Nature-Inspired Metaheuristic Algorithms. Luniver Press. 2010.С. 63–73, ISBN 978-1-905986-10-1. [Электронный ресурс] — Режим доступа: URL:[https://books.google.ru/books?hl=ru&lr=&id=iVB\\_ETlh4ogC&oi=fnd&pg=PR5&dq=Nature-Inspired+Metaheuristic+Algorithms&ots=DydztfFKvb&sig=RvPw9Q61WBSz3N\\_CXGPpRph1PI&redir\\_esc=y#v=onepage&q=Nature-Inspired%20Metaheuristic%20Algorithms&f=false](https://books.google.ru/books?hl=ru&lr=&id=iVB_ETlh4ogC&oi=fnd&pg=PR5&dq=Nature-Inspired+Metaheuristic+Algorithms&ots=DydztfFKvb&sig=RvPw9Q61WBSz3N_CXGPpRph1PI&redir_esc=y#v=onepage&q=Nature-Inspired%20Metaheuristic%20Algorithms&f=false)
10. Код ссылки: [https://colab.research.google.com/drive/189HuFNm9MX4Anz4LsRT\\_kxZ5Nc\\_z-INg#scrollTo=HHSSIRMcAZYA](https://colab.research.google.com/drive/189HuFNm9MX4Anz4LsRT_kxZ5Nc_z-INg#scrollTo=HHSSIRMcAZYA)

---

© Аль жанзир Зулфекар Муниф (1689419@bsuedu.ru)

Журнал «Современная наука: актуальные проблемы теории и практики»