



# International Journal of Contemporary Scientific and Technical Research

Journal home page:  
<http://ijournal.uz/index.php/jartes>



## CORRECTION OF INTEGRITY VIOLATIONS IN THE VIDEO IMAGE AREA USING THE RETINEX ALGORITHM

Akmal Akhatov<sup>1</sup>

Ma'ruf Tojiyev<sup>2</sup>

Ravshan Shirinboyev<sup>3</sup>

Jahongirjon Bobolov<sup>4</sup>

*Samarkand State University, Jizzakh branch of the National University of Uzbekistan*

### KEYWORDS

illumination correction  
algorithm, Retinex, Single-  
Scale Retinex, Multi-Scale  
Retinex, SSR, MSR, color  
restoration after MSR

### ABSTRACT

The Retinex theory aims to explain the perception of color in the human visual system. In order to enhance the quality of low-light and dark video images, it is necessary to increase the brightness range, boost the average pixel brightness, enhance contrast, and eliminate additive noise. To simulate insufficient illumination, images with normal illumination were successively subjected to gamma correction, additive Gaussian noise, and impulse noise. Insufficient illumination compensation was implemented using the multiscale Retinex algorithm with color restoration, additive noise suppression was achieved using a Gaussian filter, and impulse noise was eliminated using a median filter. As a result of this theory, effective algorithms have been developed that enhance the local contrast of an image. Among these derived algorithms, the Multi-Scale Retinex is the most efficient. This article discusses the Single-Scale Retinex (SSR) and Multi-Scale Retinex (MSR) algorithms, as well as the restoration of image color after using MSR.

2181-3884/©2023 in Jizzakh branch of the National University of Uzbekistan.

DOI: 10.5281/zenodo.7741348

This is an open access article under the Attribution 4.0 International (CC BY 4.0) license (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.ru>)

<sup>1</sup> DSc. Professor, Samarkand State University named after Sharof Rashidov, Samarkand, Uzbekistan, [a-rustamovich@samdu.uz](mailto:a-rustamovich@samdu.uz)

<sup>2</sup> PhD student, Jizzakh branch of the National University of Uzbekistan, Jizzakh, Uzbekistan, [mtojyev@jbnuu.uz](mailto:mtojyev@jbnuu.uz)

<sup>3</sup> Master, Jizzakh branch of the National University of Uzbekistan, Jizzakh, Uzbekistan, [forravshansh@jbnuu.uz](mailto:forravshansh@jbnuu.uz)

<sup>4</sup> Student, Jizzakh branch of the National University of Uzbekistan, Jizzakh, Uzbekistan, [bobolovjahongir@gmail.com](mailto:bobolovjahongir@gmail.com)

# КОРРЕКТИРОВКА НАРУШЕНИЯ ЦЕЛОСТНОСТИ В ОБЛАСТИ ВИДЕОИЗОБРАЖЕНИЯ С ПОМОЩЬЮ АЛГОРИТМА RETINEX

## КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:

алгоритм коррекции освещенности, Retinex, Single-Scale Retinex, Multi-Scale Retinex, SSR, MSR, восстановление цвета после MSR

## АННОТАЦИЯ

Теория Ретинекса направлена на объяснение восприятия цвета человеком. Для улучшения качества изображений видео в условиях низкого освещения и темноты необходимо увеличить диапазон яркости, повысить среднюю яркость пикселей, усилить контрастность и устранить аддитивный шум. Для имитации недостаточного освещения изображения с нормальным освещением последовательно применялись гамма-коррекция, аддитивный Гауссов шум и импульсный шум. Компенсация недостаточного освещения была реализована с помощью многоуровневого алгоритма Ретинекс с восстановлением цвета, устранение аддитивного шума было проведено с помощью Гауссова фильтра, а импульсный шум был устранен с помощью медианного фильтра. В результате этой теории были разработаны эффективные алгоритмы, улучшающие локальный контраст изображения. Среди производных алгоритмов, Многоуровневый Ретинекс является самым эффективным. В статье рассматриваются алгоритмы Одноуровневого Ретинекса (SSR) и Многоуровневого Ретинекса (MSR), а также восстановление цвета изображения после использования MSR.

## **ВВЕДЕНИЕ.**

Качество работы любого алгоритма компьютерного зрения падает вследствие наличия шумов, вносимых сложными погодными условиями, а также связанных с недостаточной освещенностью. Так, в работе [1] показано, что при наличии атмосферных осадков точность работы алгоритма верификации областей задымления падает на 10–15 %. Время суток существенно влияет на особенности отображения искомого объекта на видеопоследовательности. Уровень освещенности объектов на изображении является одним из основных аспектов, влияющих на качество работы алгоритмов компьютерного зрения, так как правильно различать предметы, например в сумерках при смене времени суток, бывает сложно даже человеку. Например, в работе [2] показано влияние времени суток на качество работы системы видеонаблюдения по обнаружению стоп-линий на регулируемых перекрестках, при этом количество ложных срабатываний зависело от полосы движения, времени суток, солнечной или пасмурной погоды, среднее количество ложных срабатываний варьировалось от 2 до 36 %. Для распознавания лиц при изменяющемся освещении предлагается алгоритм, основанный на представлении исходного изображения в виде матрицы изменения яркостей, что позволяет добиться устойчивости относительно изменений условий освещенности [3]. Снижение качества распознавания из-за изменений условий освещенности было

описано в работах [4–9]. В этой связи представляется актуальной тема исследований по повышению качества распознавания изображений в условиях изменения освещенности.

Подходы к разработке способов компенсации недостаточной освещенности. За последние годы было предложено множество алгоритмов по способам компенсации недостаточной освещенности, в которых можно выделить три основных подхода [10]:

1. Методы, напрямую моделирующие освещение (построение конусов освещения).

2. Методы, основой которых является представление изображения, нечувствительного к изменению освещенности (операторы Собеля, Робетса, Прюита, метод Канни, вейвлеты Габора).

3. Методы, нормализующие освещенность (методы фильтрации, устранение шумов, методы коррекции), в которых для компенсации недостаточной освещенности съемки используются методы повышения качества изображения, нормализующие освещенность.

Компенсация условий недостаточной освещенности. Изображения, полученные при съемке в ночное время, как правило, обладают следующими особенностями [10]:

- ограниченный диапазон малых значений яркостей;
- низкая контрастность;
- присутствие аддитивного шума.

Следовательно, для компенсации недостаточной освещенности и повышения качества темных изображений необходимо расширить диапазон яркостей, увеличить среднюю яркость пикселей изображений, повысить контраст и избавиться от аддитивного шума.

Для компенсации недостаточной освещенности могут быть использованы методы гистограммной коррекции и усовершенствованные его формы (АНЕ, СЛАНЕ, МАНЕ), спецификация, гомоморфный фильтр и др.

Для подавления шума на изображениях, как правило, применяют низкочастотные фильтры. К таким фильтрам относятся линейные усредняющие, нелинейные усредняющие, ранговые, полиномиальные. Наиболее эффективными фильтрами устранения аддитивного шума являются линейные усредняющие фильтры [11], основанные на операции линейной свертки, вычисляемой согласно формуле

$$G_{i,j} = \sum_{s=(m-1)/2}^{(m-1)/2} \sum_{t=(n-1)/2}^{(n-1)/2} W_{s,t} * E_{(i+1),(j+t)}, \quad (1)$$

где  $G_{i,j}$  – элемент матрицы изображения после фильтрации;  $W_{s,t}$  – элемент массива ядра свертки изображения, имеющий размеры  $m \times n$ ;  $E_{i,j}$  – элемент матрицы исходного изображения.

Основными моделями аддитивного шума являются шум Гаусса, Релея, Эрланга, экспоненциальный, белый и шум квантования. Шум Гаусса, или нормальный шум, образуется в собственных электрических цепях цифровых аппаратов и в фотосенсорах при недостаточной освещенности и сильных перепадах температур. Для устранения такого шума используется фильтр Гаусса, характерный фильтру размытия изображения, который использует нормальное распределение для вычисления преобразования, применяемого к каждому пикселу изображения. Распределение Гаусса [12] в N измерениях имеет вид

$$G(r) = \frac{1}{(2\pi\sigma^2)^{N/2}} e^{-r^2/(2\sigma^2)} \quad (2)$$

или, в частном случае, для двух измерений:

$$G(u, v) = \frac{1}{2\pi\sigma^2} e^{-(u^2+v^2)/(2\sigma^2)} \quad (3)$$

где  $r$  – это радиус размытия,

$$r^2 = u^2 + v^2;$$

$\sigma$  – стандартное отклонение распределения Гаусса.

В случае двух измерений эта формула задает поверхность, имеющую вид концентрических окружностей с распределением Гаусса от центральной точки. Пикселы, где распределение отлично от нуля, используются для построения матрицы свертки, которая применяется к исходному изображению. Значение каждого пиксела становится средневзвешенным для окрестности. Исходное значение пиксела принимает наибольший вес (имеет наивысшее гауссово значение), и соседние пикселы принимают меньшие веса в зависимости от расстояния до них.

Импульсный шум возникает в результате ошибок декодирования, в процессе передачи фото- и видеоизображений вследствие электромагнитных наводок на канал передачи, а также в результате ошибок записи на устройствах хранения. Он характеризуется появлением случайных белых и черных точек. Наиболее эффективными фильтрами для подавления импульсного шума являются усредняющие фильтры, а именно, медианная фильтрация, которая позволяет сохранить четкость деталей изображения. Медианные фильтры основаны на том, чтобы избавиться от резко отличающихся от других значений яркости пикселов, заменяя их значениями медианы яркости окрестности согласно выражению

$$G_{i,j} = \text{med}[E_{i+s,j+t}; (s, t) \in W]; \quad i, j \in Z^2 \quad (4)$$

где  $G_{i,j}$  – элемент матрицы изображения после фильтрации;  $W_{s,t}$  – элемент массива апертуры изображения, имеющий размеры  $m \times n$ ;  $E_{i,j}$  – элемент матрицы исходного изображения.

Таким образом, работа алгоритма компенсации пониженной освещенности выполняется в следующих этапах:

Этап 1. Расширение динамического диапазона видеоизображения и увеличение контрастности с помощью многомасштабного алгоритма «Ретинекс» с реставрацией цвета (Multi Scale Retinex with Color Restoration).

Этап 2. Подавление аддитивного шума с использованием фильтра Гаусса.

Этап 3. Подавление импульсного шума применением медианного фильтра.

Этап 4. Повышение резкости изображения с помощью фильтра Лапласа.

Блок-схема алгоритма компенсации недостаточной освещенности показана на рисунке 1.

Технология Ретинекс компенсации недостаточной освещенности. Технология Ретинекс основана на устранении локальной неоднородности освещенности объектов наблюдаемой сцены и работает по принципу локального увеличения контраста. Слабо освещенные объекты при этом становятся лучше различимыми, восстанавливаются их детали и цвет. Эта технология предназначена в первую очередь для обработки изображений, содержащих мало контрастные (темные либо светлые) зоны, в которых локальные детали обычно трудно различимы.

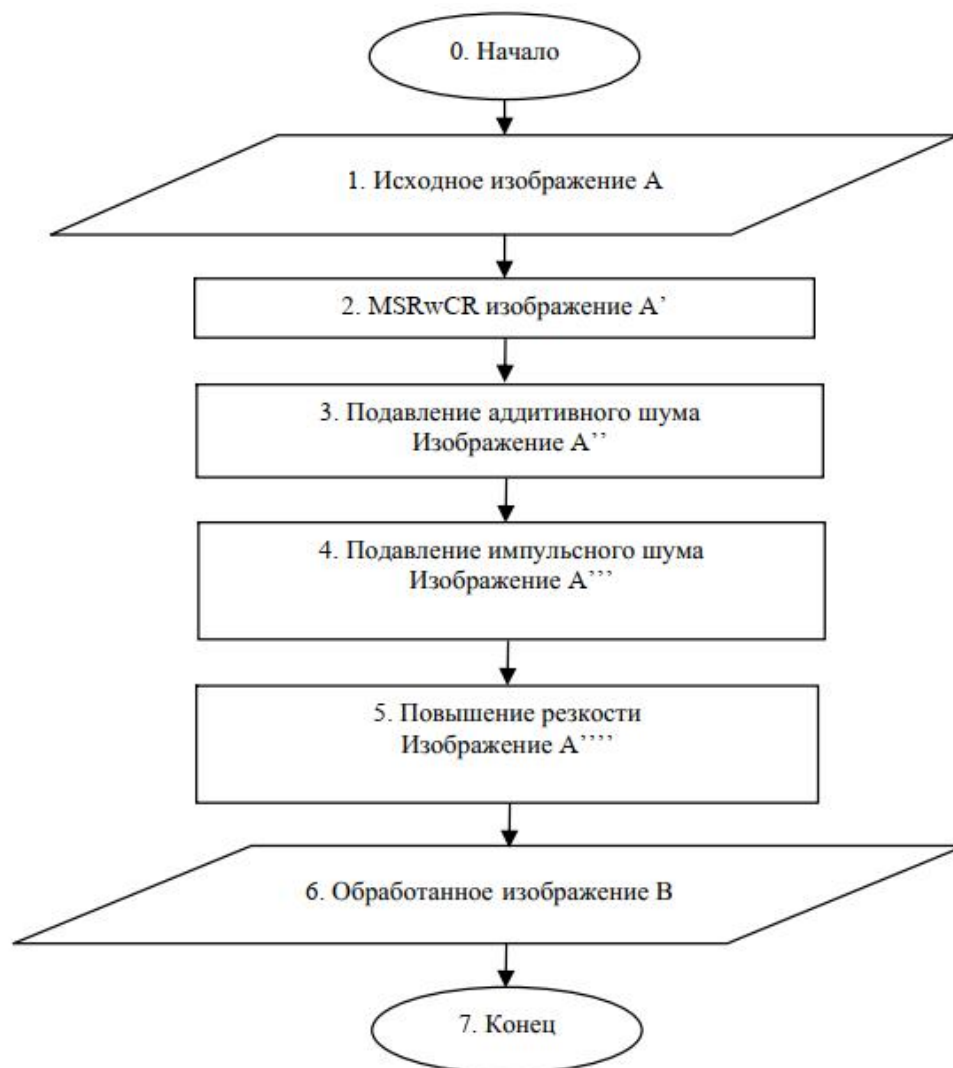


Рис. 1. Блок-схема алгоритма компенсации низкой освещенности

Существует несколько вариантов реализации алгоритмов, основанных на технологии Ретинекс [13]: алгоритм случайного блуждания, итерационный алгоритм, алгоритм на базе локального сглаживания. Последовательность обработки изображений такими алгоритмами примерно одинакова. Теория Ретинкса была разработана Ландом и Макканом для моделирования того, как зрительная система человека воспринимает сцену. Однако способность к оценке и моделированию необходима для компьютерного зрения. Это привело к развитию эффективных алгоритмов, основанных на теории Ретинекса, которые усиливали локальный контраст изображений с недостаточной освещенностью [14].

Single-Scale Retinex (SSR) является алгоритмом, который производит выравнивание освещенности изображения и при этом сохраняет контраст в ярко и плохо освещенных областях. Для вычисления коэффициента выравнивания освещенности изображения в работе предлагается формула:

$$R(x, y, \sigma) = \log[I(x, y)] - \log[I(x, y) \otimes G(x, y, \sigma)], \quad (5)$$

где  $G$  – Гауссиан;  $\sigma$  – коэффициент размытия; " $\otimes$ " – оператор свертки.

После применения данной формулы, большая часть значений полученных пикселей лежит в диапазоне от -1 до 1, поэтому для визуализации изображения, значения необходимо скорректировать по формуле:

$$I = 255 \cdot I + 127,5. \quad (6)$$

Алгоритм SSR не всегда дает качественный результат, в свою очередь алгоритм MSR (Multi-Scale Retinex) способен обеспечить приемлемый результат между корректировкой освещенности и полученной цветопередачей. Результат работы алгоритма определяется, как взвешенная сумма SSR с разными коэффициентами, которые в сумме всегда должны давать единицу [15].

$$MSR = w_1 * SSR_1 + w_2 * SSR_2 + \dots + w_n * SSR_n \quad (7)$$

причем  $w_1 + w_2 + \dots + w_n = 1$ . Чаще всего  $n=3$ . Тогда

$$R_{MSR_i} = \sum_{n=1}^N \omega_n * R_{n_i} = \sum_{n=1}^N \omega_n [\log I_i(x, y) - \log(F_n(x, y) * I_i(x, y))] \quad (8)$$

где  $I$  - исходное входное изображение,  $F$  - функция фильтра, как правило, функция Гаусса,  $N$  - количество шкал,  $W$  - вес каждой шкалы, обычно  $1 / N$ ,  $R$  представляет изображение в лог-области.

Экспериментальные исследования. В работе с целью оценки качества работы алгоритма предназначенного для компенсации недостаточной освещенности целесообразным было принято использовать систему обнаружения областей задымления, где на видеопоследовательность при этом накладывались локальные бинарные шаблонов [16].

Дым как динамическая текстура обладает следующими особенностями: турбулентность, изменчивость, цветовые особенности, специфический способ распространения. К основным признакам визуального обнаружения дыма можно отнести цвет, форму, движение, текстуру, прозрачность.[17] Как правило, для детектирования дыма не используют только один признак, а применяют сочетание

нескольких классификаторов. Для детектирования дыма на видеоизображении в системе обнаружения областей задымления на видеопоследовательности с применением локальных бинарных шаблонов используется комбинированный способ распознавания дыма, позволяющий не только выделить движение на видеопоследовательности, но и учесть пространственно-временные свойства дыма, что увеличивает точность детектирования и уменьшает число ложных срабатываний. Для проведения экспериментальных исследований использованы 5 видеопоследовательностей из известных тестовых наборов данных. Для получения изображений, имитирующих условия недостаточной освещенности съемки, были последовательно применены гамма-коррекция ( $\gamma = 1,9$ ), а также изображения были зашумлены аддитивным гауссовым шумом ( $m = 0, \sigma^2 = 0,2, 0,5$ ) и импульсным шумом с плотностью  $p=0,1,0,2$ . Мы можем видеть влияние низкой освещенности на видеопоследовательности в таблице 1. Результаты обнаружения дыма по видеопоследовательностям на открытых пространствах показаны в табл.[18] 2. Результаты приведены для изображений, полученных при нормальной освещенности, в условиях шума (ночной съемки для самостоятельно полученной видеопоследовательности) и при компенсации влияния недостаточной освещенности. Выражение оценки было реализовано с использованием следующих свойств:








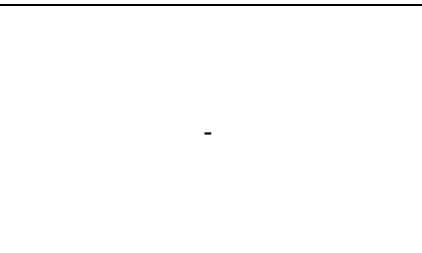

True Recognition (TR), % – точность распознавания;

False Rejection Rate (FRR), % – ошибка первого рода;

False Acceptance Rate (FAR), % – ошибка второго рода.[19]

**Таблица 1**

**Применение алгоритма Retinex к последовательности  
видеоизображений**

Исходное изображение	Зашумленное изображение	Улучшенное изображение
<p><b>Video smoke detection / dry_leaf, кадр 1155 (URL: <a href="http://staff.ustc.edu.cn/~yfn/vsd.html">http://staff.ustc.edu.cn/~yfn/vsd.html</a>), разрешение, пиксели: 320×240, количество кадров: 1,2000</b></p>		
		
<p><b>Wildfilmsindia/ Smoke billows from the chimney of a brick factory, кадр 122 (URL: <a href="https://www.youtube.com/watch?v=-TUbP5ENr8w">https://www.youtube.com/watch?v=-TUbP5ENr8w</a>), разрешение, пиксели: 1280×720, количество кадров: 1711</b></p>		
		
<p><b>Youtube/firenight, кадр 48 (URL: <a href="https://www.youtube.com/watch?v=tmBG_v23zbn&amp;t=12s">https://www.youtube.com/watch?v=tmBG_v23zbn&amp;t=12s</a>), разрешение, пиксели: 1280×720, количество кадров: 1330</b></p>		
		



**Таблица 2**

**Результаты обнаружения дыма в различных условиях освещенности**

Видеопоследовательность	Исходное изображение		Зашумленное изображение			Улучшенное изображение			
	TR	FRR	FAR	TR	FRR	FAR	TR	FRR	FAR
Video smoke detection / dry_leaf	100,0	0,00	2,07	74,12	25,88	17,21	97,98	2,02	4,12
Wildfilmsindia/ Smoke billows from the chimney of a brick factory	100,0	0,00	1,63	82,14	17,86	16,25	98,74	1,26	2,52
V-MOTE/DV_004	97,69	2,31	2,87	72,19	27,81	31,21	96,12	3,88	4,12
Bilkent/DumanTest5	90,65	8,25	7,14	53,11	46,89	30,28	88,41	11,59	10,0
Bilkent/SmokeManavgatRaw	96,88	1,53	14,2	52,14	47,86	40,42	94,32	5,68	15,2
Youtube/firenight	-	-	-	61,21	38,79	29,12	90,88	9,12	4,01
Среднее значение	97,04	2,42	5,58	65,82	34,18	27,42	94,41	5,59	6,66

Точность обнаружения дыма в условиях недостаточной освещенности по сравнению с исходным изображением в среднем ниже на 28–30 %, при этом значительно увеличивается число ошибок первого рода и число ложных срабатываний до 34,2 и 27,4 % соответственно. На изображениях, улучшенных с помощью предложенного алгоритма компенсации недостаточной освещенности, точность обнаружения существенно возрастает и составляет 94,41 %, что ниже точности обнаружения дыма относительно исходного изображения всего на 2,3 %. Таким образом, экспериментальные исследования подтверждают эффективность предложенных методов и алгоритмов компенсации недостаточной освещенности при анализе динамических текстур (на примере обнаружения дыма на видеопоследовательностях) [20][21].

**ЗАКЛЮЧЕНИЕ.**

В работе показано причины нарушения целостности поля видеоизображения, снятого в режиме реального времени. На нарушение целостности поля изображения влияет недостаток света, наличие яркости в диапазоне низких значений, наличие низкой контрастности и наличие аддитивного шума.

Для борьбы с влиянием недостаточной освещенности на качество изображения использован многомасштабный алгоритм «Ретинекс» с цветовой коррекцией, применены фильтры Гаусса, Лапласа и медианный фильтр. Контрастное усиление видеоизображений исследовано на примере дыма как динамического объекта. Экспериментальные исследования подтверждают эффективность предложенного алгоритма компенсации недостаточной освещенности.

#### **СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:**

1. Фаворская М. Н., Пятаева, А. В. Детектирование дыма на открытых пространствах в сложных погодных условиях с применением пространственновременных локальных бинарных шаблонов // Информационно управляющие системы. 2016. № 1 (80). С. 16–25.
2. Madhav V. Chitturi, Juan C. Medina, Rahim (Ray) F. Benekohal. Effect of Shadows and Time of Day on Performance of Video Detection Systems at Signalized Intersections // Transportation Research. Part C: Emerging Technologies. 2010. Vol. 18, iss. 2. P. 176–186.
3. Гончаров А. В., Каракищенко А. Н. Влияние освещенности на качество распознавания фронтальных лиц // Известия ЮФУ. Технические науки. 2008. № 4. С. 88–92.
4. Khasanov Dilmurod, Tojiyev Ma'ruf, Primqulov Oybek., "Gradient Descent In Machine". International Conference on Information Science and Communications Technologies (ICISCT), <https://ieeexplore.ieee.org/document/9670169>
5. M.Tojiyev, O.Primqulov, D.Xasanov, "Image segmentation in OpenCV and Python, DOI:10.5958/2249-7137.2020.01735.8.
6. Riklin-Raviv T., Shashua A. The Quotient image: Class based recognition and synthesis under varying illumination // Proceedings of the 1999 Conference on Computer Vision and Pattern Recognition. 1999. P. 566–571.
7. Georghiades A. S., Belhumeur P. N. Illumination cone models for Faces recognition under variable lighting and Pose // IEEE Trans. Pattern Anal. Mach. Intelligence.1998. No. 23(6). P. 643–660.
8. Shashua A., Riklin-Raviv T. The quotient image: Class-based re-rendering and recognition with varying illuminations // Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence. 2001. Vol. 23, No. 2. P. 129–139.
9. Faraji M. R., Qi X. Face recognition under varying illuminations using logarithmic fractal dimension-based complete eight local directional patterns // Neurocomputing. 2016. Vol. 99. P. 16–30.
10. Analysis and Modeling of Faces and Gestures / S. K. Zhou [et al.] // Proc. of the Third International Workshop, AMFG. 2007. Vol. 2688. P. 10–18.
11. Хрящев Д. А. Об одном методе анализа цифрового изображения с применением гистограмм // Вестник Астраханского государственного технического университета. Сер. «Управление, вычислительная техника и информатика». 2010. №

1. С. 109–113.

12. А. В. Пятаева\*, Ю. Д. Куликова. Обнаружение динамических текстур по видеопоследовательностям в условиях недостаточной освещенности. Сибирский журнал науки и технологий. 2017. Т. 18, № 2.

13. Система обнаружения областей задымления на видеопоследовательности с применением локальных бинарных шаблонов (DKL 3.15) : свид. о гос. регистрации программы для ЭВМ / А. В. Пятаева, М. Н. Фаворская. № 2015615904. Зарегистрировано в Реестре программ для ЭВМ 27.05.2015.

14. Video smoke detection [Электронный ресурс]. URL: <http://staff.ustc.edu.cn/~yfn/vsd.html> (дата обращения: 01.04.2017).

15. Database of Wildfilmsindia [Электронный ресурс]. URL: [www.wildfilmsindia.com](http://www.wildfilmsindia.com) (дата обращения: 01.04.2017).

16. V-MOTE Database [Электронный ресурс]. URL: [http://www2.imse.cnm.csic.es/vmote/english\\_version/index.php](http://www2.imse.cnm.csic.es/vmote/english_version/index.php) (дата обращения: 01.04.2017).

17. Тожиев, М., Улуғмуродов, Ш., & Ширинбоев, Р. (2022). Tasvirlar sifatini yaxshilashning chiziqlikontrast usuli. Zamonaviy innovatsion tadqiqotlarning dolzarb muammolari va rivojlanish tendensiyalari: yechimlar va istiqbollari, 1(1), 215-217.

18. Таджиев, М., Ширинбоев, Р., & Сулаймонова, М. (2022). Open cv kutubxonasida tasvirlarga rang modellari bilan ishlov berish. Современные инновационные исследования актуальные проблемы и развитие тенденции: решения и перспективы, 1(1), 212-215.

19. Xolboyevich, A. S. (2022). PYTHONDA CHIZIQLI REGRESSIYA. International Journal of Contemporary Scientific and Technical Research, 233-238.

20. Ruzikulovich, T. M. R. (2022). NEYRON TARMOQ ALGORITMLARI YORDAMIDA MURAKKAB FONDAGI BELGILARNI ANIQLASH ALGORITMLARI. International Journal of Contemporary Scientific and Technical Research, 238-241.

21. Rustamovich, A. A., & Ruzikulovich, T. M. R. (2022). KONVOLYUTSION NEYRON TARMOG 'I ASOSIDA VIDEO TASVIRDAN YONG 'INNI ERTA ANIQLASH. International Journal of Contemporary Scientific and Technical Research, 128-132.