

**Блочный метод принятия решения о траектории обработки графической информации как основа искусственного интеллекта в автоматизированной системе мониторинга**

**О.С. Логунова, М.Ю. Наркевич, В.Д. Корниенко**

Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова,  
455000, г. Магнитогорск, пр. Ленина, 38, Россия

**Резюме. Цель.** Целью исследования является развитие теоретических основ принятия решений о техническом состоянии опасных производственных объектов для сокращения непрофильных операций экспертов, связанных с построением траектории обработки графической информации. **Метод.** Предложен блочный метод принятия решений о траектории обработки графической информации, базирующийся на введении векторного классификационного признака и содержащий четыре основных блока: блок фрагментации изображения для автоматической обработки, позволяющий определить какая часть изображения подлежит обработке: изображение в целом или его фрагмент; блок решения по принятию полученного фрагмента в обработку, позволяющий оценить соблюдение условий получения изображения по освещению; блок улучшения изображения», позволяющий выполнить изменения контрастности изображения и удаления текстуры; блок сегментации изображения и расчета показателей, позволяющий отделить искомые объекты на изображении и определить значения показателей. Для каждого блока построена и визуализирована его структура. **Результат.** В качестве апробации метода приведен пример опытной эксплуатации для оценки разрушения межпанельных швов на фасаде промышленного здания. Роль эксперта сокращается до операций оценки ситуации на изображении и заполнения координат векторного классификационного признака, и последующего принятия решения на основе результатов обработки изображения по заданной траектории. **Вывод.** Идеология предложенного метода обладает элементами фундаментальности и может быть применена для решения задач при изучении и мониторинге состояния множества объектов из любой области.

**Ключевые слова:** графическая информация, траектория обработки, векторный классификационный признак, метод принятия решения, фрагментация изображения, улучшение изображения, сегментация изображения, расчет показателей, элементы опасных производственных объектов

**Для цитирования:** О.С. Логунова, М.Ю. Наркевич, В.Д. Корниенко. Блочный метод принятия решения о траектории обработки графической информации как основа искусственного интеллекта в автоматизированной системе мониторинга. Вестник Дагестанского государственного технического университета. Технические науки. 2025;52(4):106-117. DOI:10.21822/2073-6185-2025-52-4-106-117

**Block method of decision making on the trajectory of graphic information processing as a basis for artificial intelligence in an automated monitoring system**

**O.S. Logunova, M.Yu. Narkevich, V.D. Kornienko**

Nosov Magnitogorsk State Technical University,  
38 Lenin Ave., Magnitogorsk 455000, Russia

**Abstract. Objective.** The aim of the study is to develop theoretical foundations for making decisions on the technical condition of hazardous industrial facilities in order to reduce non-core expert operations related to constructing a trajectory of processing graphic information. **Method.** A block-based decision-making method for processing graphic information is proposed. This

method is based on the introduction of a vector classification feature and comprises: an image fragmentation block for automatic processing, which determines which portion of the image should be processed; a decision block for accepting the resulting fragment for processing, which allows for assessing compliance with the image acquisition conditions based on lighting; an image enhancement block, which allows for changes in image contrast and texture removal; and an image segmentation and indicator calculation block, which allows for the separation of target objects in the image and the determination of indicator values. The structure of each block is constructed and visualized. **Result.** To test the method, a practical example is presented for assessing the deterioration of interpanel joints on the façade of an industrial building. The expert's role is reduced to assessing the image situation and entering the coordinates of a vector classification feature, followed by decision-making based on the image processing results along a given trajectory. **Conclusion.** The ideology of the proposed method has elements of fundamentality and can be applied to solve problems when studying and monitoring the state of many objects from any area.

**Keywords:** graphic information, processing path, vector classification feature, decision making method, image fragmentation, image enhancement, image segmentation, calculation of indicators, elements of hazardous production facilities

**For citation:** O.S. Logunova, M.Yu. Narkevich, V.D. Kornienko. Block method of decision making on the trajectory of graphic information processing as a basis for artificial intelligence in an automated monitoring system. Herald of the Daghestan State Technical University. Technical Sciences. 2025;52(4):106-117. (In Russ) DOI:10.21822/2073-6185-2025-52-4-106-117

**Введение.** Современные тенденции развития промышленных предприятий характеризуются уровнем внедрения цифровых технологий в основные технологические и инфраструктурные процессы. Многие из этих процессов построены согласно строгой нормативной базе, которая в то же время также подвергается трансформации согласно требованиям приоритетного развития науки и техники. Одним из таких инфраструктурных процессов является промышленная безопасность, одной из задач которой является оценка технического состояния зданий, сооружений и территорий на основании экспертной визуальной оценки.

**Постановка задачи.** Согласно трансформации нормативной базы в области промышленной безопасности в 2023 году внесено изменение, которое допускает применение информации, полученной с использованием автоматизированных систем сбора и обработки информации при оценке качества опасных производственных объектов. Это явилось вызовом для создания систем автоматизированного мониторинга и оценки технического состояния элементов опасных производственных объектов. Для обоснования возможности создания такой системы авторами проведена оценка теоретических и практических разработок, которые могут быть положены в основу проектных решений.

В результате проведенного анализа выявлено, что:

– существуют основополагающие фундаментальные решения в области обработки графической информации, включающей процессы фрагментации, улучшения и сегментации изображений, которые систематически изложены трудах Р. Гонсалеса и Р. Вудса [1], Л. Шапиро и Дж. Стокмана [2], а также А. Я. Фомина [3];

– заложены и активно развиваются математические методы, которые базируются на современных разработках в области применения экспертных оценок, нечеткой логики, продукционных правил, методов аналогий, кластеризации, изложенные в трудах [4-9];

– разработано множество частных практических решений, которые реализованы в виде программных продуктов для решения узких специализированных задач [10-14].

Результаты поиска теоретических и практических разработок в области принятия решений в системе Российского индекса научного цитирования показал наличие журнальных статей в количестве 3378 на 11.02.2024 г. Выявлено, что наиболее востребованными (по количеству цитирования) являются технологии, построенные на основе нечеткой логики, искусственных нейронных сетей, методах анализа сетей, а также результатов

обработки графической информации как последствия внедрения цифровых технологий в процессы мониторинга и контроля. Поиск практических разработок систем поддержки принятия решений показал наличие 570 разработок отечественных программ для ЭВМ, выполненных за период с 2019 по 2023 г. Несмотря на множество фундаментальных и частных разработок, которые могут быть применены для решения задач оценки технического состояния отдельных объектов, отсутствует комплексное систематическое решение, обладающее свойством адаптивности к требованиям заказчика.

**Методы исследования.** Опираясь на результаты анализа теоретических и практических разработок в области синтеза систем автоматизированного мониторинга состояния объектов авторами работы определена цель исследования: развитие теоретических основ принятия решений о техническом состоянии опасных производственных объектов для сокращения непрофильных операций экспертов, связанных с построением траектории обработки графической информации. В опубликованной работе [15] авторами предложено ввести векторный классификационный признак для изображений элементов опасных производственных объектов. Это позволило разработать блочный метод принятия решения о траектории обработки графической информации. Развитие методов обработки изображений сформировало их обширную библиотеку в части математического описания и программной реализации. Однако специфика изображений в предметной области, в частности, для элементов опасных производственных объектов, потребовала для системы автоматизированного мониторинга выполнить формализацию экспертного опыта для перехода к уровню искусственного интеллекта.

Особенности исходных данных, определяющих специфику задачи, определены:

- разнообразием элементов опасных производственных объектов: здания, сооружения и территории [16];
- разнообразием задач, решаемых для этих объектов, которые сгруппированы как задачи распознавания объектов: регулярной, типовой и нерегулярной формы; со случайным местом расположением и расположением по проекту [16];
- требованием создания системы как единого целого с типовым пользовательским интерфейсом;
- требованием получения автоматизированным способом входной и выходной информации;
- требованием минимального участия человека-эксперта в процессе выбора траектории обработки полученной информации.

Предлагается метод построения траектории обработки изображения на основе векторного классификационного признака с использованием фасетов. Исходными данными для использования метода построения траектории обработки изображения опасного производственного объекта являются:

- векторный классификатор после определения главных координат на основе упорядоченных фасетов (1):

$$\vec{K} = (K_1^3, K_2^3, K_3^6 \{K_{31}^3, K_{32}^2\}, K_4^4 \{K_{41}^2, K_{42}^2\}, K_5^3, K_6^{36} \{K_{61}^9, K_{62}^4\}), \quad (1)$$

где  $K_1$  – объект исследования;  $K_2$  – способ освещения;  $K_3$  – характеристика элемента разрушения;  $K_{31}$  – форма объекта разрушения;  $K_{32}$  – расположение объекта разрушения;  $K_4$  – свойства фона;  $K_{41}$  – уровень текстурированности фона изображения;  $K_{42}$  – уровень отличия объекта разрушения от фона изображения;  $K_5$  – характеристика формы гистограммы изображения;  $K_6$  – характеристика задачи;  $K_{61}$  – вид задачи;  $K_{62}$  – показатели задачи; верхний индекс координаты показывает количество значений, которые она может принимать;

- фасеты алгоритмов: предварительной обработки изображения, алгоритмов фрагментации, алгоритмов распознавания изображений и алгоритмов расчета признаков видимых нарушений поверхности объектов;
- отношение простого или составного соответствия значения фасетов и элементов множества алгоритмов обработки изображения опасного производственного объекта.

В общем аналитическом виде предлагаемый метод записывается с помощью последовательности отображений:

$$Image(\vec{K}) \xrightarrow{\{R_{1i}(\{P_{1k}\})\}} (\{(Alg_{1,j_1}), (Alg_{2,j_2}), (Alg_{3,j_3})\}) \xrightarrow{\{Alg_{Rm}(\{P_m\})\}} \{V_s(Image)\}, \quad (2)$$

$$i = \overline{1, M_1}, k = \overline{1, M_2}, j_1 = \overline{1, J_1}, j_2 = \overline{1, J_2}, j_3 = \overline{1, J_3} s = \overline{1, M_3},$$

где  $Image$  – исходное изображение опасного производственного объекта;  $\vec{K}$  – векторный классификационный признак;  $\{R_{1i}(\{P_{1k}\})\}$  – кортеж правил принятия решений о выборе алгоритмов для включения в траекторию обработки информации;  $R_{1i}$  – правило;  $P_{1k}$  – настроечные параметры правил;  $\{(Alg_{1,j_1}), (Alg_{2,j_2}), (Alg_{3,j_3})\}$  – траектория обработки изображения, в которой  $(Alg_{1,j_1})$  – последовательность алгоритмов для предварительной обработки изображения,  $(Alg_{2,j_2})$  – последовательность алгоритмов для выполнения фрагментации изображения и  $(Alg_{3,j_3})$  – последовательность алгоритмов распознавания элементов на изображении;  $\{Alg_{Rm}(\{P_m\})\}$  – кортеж алгоритмов для расчета показателей разрушения видимой поверхности объектов; изображении;  $P_m$  – настроечные параметры алгоритмов;  $\{V_s(Image)\}$  – кортеж показателей разрушения видимой поверхности объектов;  $M_1$  – количество правил принятия решений для включения алгоритмов в траекторию;  $M_2$  – количество параметров для настройки правил принятия решений;  $J_1, J_2, J_3$  – размерность кортежей в последовательности алгоритмов;  $M_3$  – количество алгоритмов, необходимых для расчета показателей разрушения видимой поверхности объектов.

Кортеж правил принятия решений о выборе алгоритмов для включения в траекторию обработки информации строится на основе отношения соответствия между значениями фасетов классификационного признака и фасетом алгоритмов, которые могут быть включены в траекторию обработки изображений. Отношение соответствия устанавливается эмпирически для каждого набора фасетов классификационного признака и сохраняется в базе данных для воспроизведения траектории при повторении комплекта фасет. Расширение базы правил производится в режиме реального времени при появлении новой комбинации. Метод включает следующую последовательность шагов:

1. Определение векторного классификационного признака на основе экспертной оценки по фасетным признакам;
2. Определение фасетов для алгоритмов обработки изображений по трем уровням алгоритмов: фрагментации; улучшения изображения; сегментации;
3. Выполнение экспертной оценки выбранного изображения и определение координат векторного классификационного признака для этого изображения;
4. Обращение к базе данных, хранящей возможное представление векторного классификационного признака, и определение либо отсутствие, либо наличие равного признака его по координатам;
5. Если соответствия не найдено, то строится карта соответствия координат и алгоритмов обработки изображения с учетом мнения экспертов, при этом должны учитываться все возможные варианты обработки, иначе для всех найденных соответствий извлекаются из базы данных траектории обработки;
6. Применение построенных или синтезированных траекторий для обработки изображений элементов опасных производственных объектов;
7. Расчет показателей разрушения поверхности по изображениям объектов после обработки, согласно выбранным траекториям, и их визуализация.

Результаты системного анализа требований, исходных данных и опыта разработки систем искусственного интеллекта в других областях привели к построению блочного метода принятия решения о траектории обработки графической информации.

Система предполагает использование четырех основных блоков:

Блок 1 – «Блок фрагментации изображения для автоматической обработки», позволяющий определить какая часть изображения подлежит обработке: изображение в целом или его фрагмент (рис. 1);

Блок 2 – «Блок решения по принятию полученного фрагмента в обработку», позволяющий оценить соблюдение условий получения изображения по освещению (рис. 2);

Блок 3 – «Блок улучшения изображения», позволяющий выполнить изменения контрастности изображения и удаления текстуры (рис. 3);

Блок 4 – «Блок сегментации изображения и расчета показателей» (рис. 4), позволяющий отделить искомые объекты на изображении и определить значения показателей.

Произведем разбор структуры и информации по блокам. На рис. 1 приведена структура Блока 1 для фрагментации изображения. На рис.1 введены обозначения:

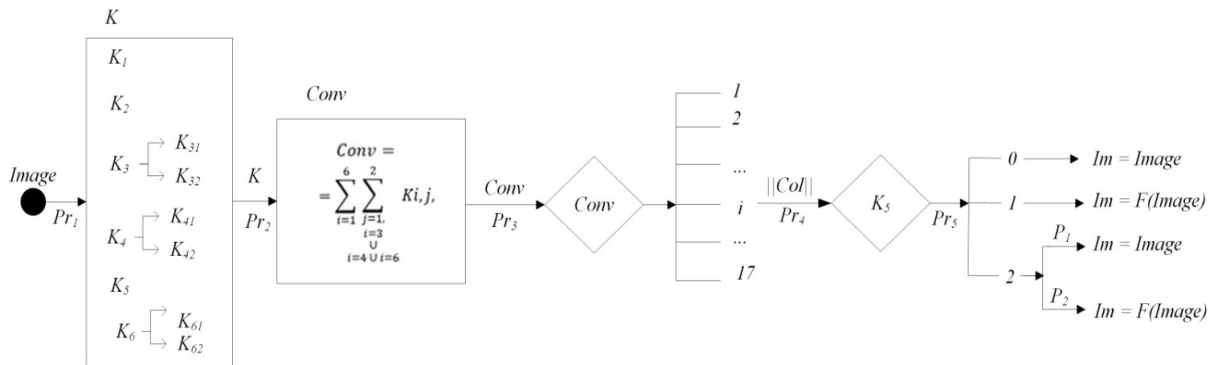


Рис. 1 – Структура Блока 1 для фрагментации изображения

Fig. 1 – Block 1 structure for image fragmentation

*Image* – исходное изображение, поступающее в систему; *K* – векторный классификационный признак; *Pr<sub>1</sub>* – процедура экспертного оценивания изображения; *Pr<sub>2</sub>* – процедура определения свертки изображения; *Conv* – свертка изображения; *Pr<sub>3</sub>* – выбор значения свертки; *Pr<sub>4</sub>* – формирование матрицы коллизий;  $||Col||$  – матрица коллизий для выбранной свертки; *Pr<sub>5</sub>* – оценка вида гистограммы изображения; *Im* – объект обработки; *F(Image)* – фрагмент исходного изображения; *P<sub>1</sub>* – вероятность выбора всего изображения в данной коллизии; *P<sub>2</sub>* – вероятность выбора фрагмента в данной коллизии.

В Блоке 1 выполняются действия по формированию векторного классификационного признака (блок *K*), определение свертки по сумме координат; выбора значения свертки для поступившего изображения; определении матрицы коллизий для выбранного значения свертки; определение объекта обработки по количеству глобальных максимумов на гистограмме. Результатом работы Блока 1 является структура:

$$R_0 = (Image, Conv, ||Col||, Im). \quad (3)$$

На рис. 2 приведена структура Блока 2 – «Блок решения по принятию полученного фрагмента в обработку». На рис. 2 введены обозначения: *Im<sub>1</sub>* – изображение после выполнения процедуры отсева; *Alg<sub>21</sub>* – алгоритм для повышения контраста на изображении;  $\emptyset$  – знак удаления изображения из базы; *Alg<sub>22</sub>* – алгоритм удаления изображения из базы.

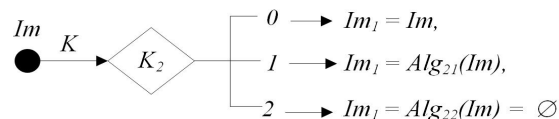


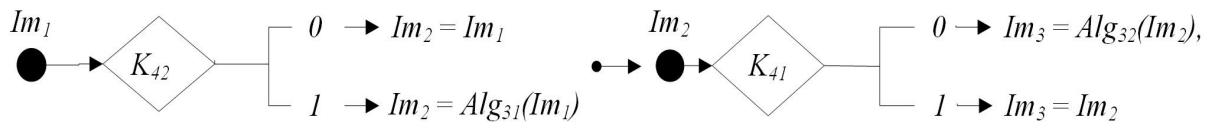
Рис. 2 – Структура Блока 2 – «Блок решения по принятию полученного фрагмента в обработку»

Fig. 2 – Structure of Block 2 – “Block for decision on accepting the received fragment for processing”

В Блоке 2 для выбранного фрагмента исходного изображения оценивается соблюдение условий сбора информации с помощью аппаратного обеспечения. Из рассмотрения выводятся изображения, полученные в ночное время, и для изображений, полученных при облачном небе, выполняется увеличение контрастности. Изображения, полученные в солнечную погоду, передаются для дальнейшей обработки без изменения. Результатом работы Блока 2 является преобразованное изображение *Im<sub>1</sub>*.

На рис. 3 приведена структура Блока 3 «Блок улучшения изображения». Блок 3 является двухэтапным. На первом этапе по значению координаты *K<sub>42</sub>* определяется необходимость изменения контрастности изображения при малом отличии искомых объектов от фона. Результатом обработки на первом этапе является новое изображение *Im<sub>2</sub>*. На втором этапе происходит отделение искомых объектов от текстуры при ее наличии. Результатом

обработки на втором этапе является новое изображение  $Im_3$ , которое передается в Блок 4 для сегментации.

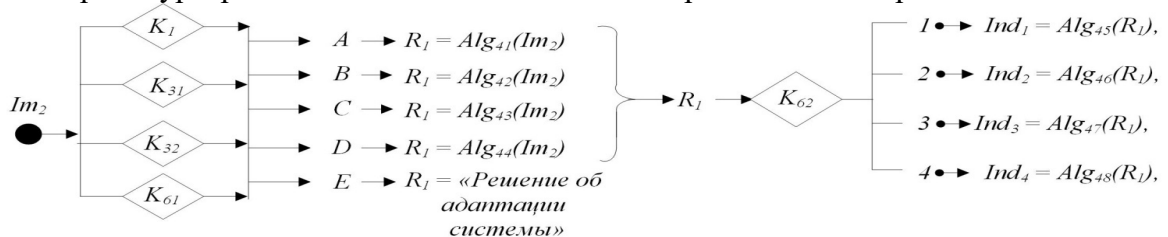


**Рис. 3 – Структура Блока 3 – «Блок улучшения изображения»**

**Fig. 3 – Structure of Block 3 – “Image Enhancement Block”**

На рис. 3 введены обозначения:  $Im_2$  – результирующее изображение после изменения контрастности;  $Alg_{32}$  – алгоритм удаления текстуры с изображения (алгоритм *Amle* – *Absolutely Minim Lipschitz Extension*).

На рис. 4 приведена структура Блока 4 «Блок сегментации изображения и расчета показателей». Блок 4 также содержит два этапа: этап 1: выбор алгоритма для сегментации; этап 2: процедуры расчета показателей для сегментированного изображения.



**Рис. 4 – Структура Блока 4 – «Блок сегментации изображения и расчета показателей»**

**Fig. 4 – Structure of Block 4 – “Block of image segmentation and calculation of indicators”**

На рис. 4 введены обозначения:  $Ind_1$  – протяженность объекта;  $Ind_2$  – площадь объекта;  $Ind_3$  – факт наличия;  $Ind_4$  – количество объектов;  $Alg_{45}$  – алгоритм расчета протяженности;  $Alg_{46}$  – алгоритм расчета площади;  $Alg_{47}$  – алгоритм оценки  $n$  на 0;  $Alg_{48}$  – алгоритм оценки  $n > 0$ ;  $A, B, C, D, E$  – составные условия;  $Alg_{41}$  – алгоритм Хафа для поиска линий;  $Alg_{42}$  – алгоритм пороговой обработки;  $Alg_{43}$  – алгоритм поиска шаблонов из библиотеки;  $Alg_{44}$  – алгоритм нейросетевой обработки.

В отличие от предыдущих блоков в структуре Блока 4 содержатся составные условия, которые построены на основе выбранного объекта исследования  $K_1$ , вида формы объектов сегментации  $K_{31}$  и их расположения в пространстве изображения  $K_{32}$ , вида решаемой задачи  $K_{61}$ . Составные условия первого этапа имеют вид:

$$A = (K_{11} = 0) \& (K_{31} = 1) \& (K_{32} = 1) \& (K_{61} = 0); \quad (4)$$

$$B = ((K_{11} = 0) \vee (K_{11} = 1)) \& (K_{31} = 0) \& (K_{32} = 0) \& ((K_{61} = 1) \vee (K_{61} = 3) \vee (K_{61} = 5) \vee (K_{61} = 6)); \quad (5)$$

$$C = ((K_{11} = 0) \vee (K_{11} = 1)) \& (K_{31} = 2) \& (K_{32} = 1) \& (K_{61} = 4); \quad (6)$$

$$D = \forall K_1 \& (K_{31} = 0) \& (K_{32} = 0) \& ((K_{61} = 2) \vee (K_{61} = 7) \vee (K_{61} = 8)). \quad (7)$$

Результатом выполнения первого этапа Блока 4 является кортеж

$$R_1 = (Im_3, \{x_i, y_i\}), \quad i = 1, \bar{k}, \quad (8)$$

где  $Im_3$  – изображение с выделенными сегментами;  $\{x_i, y_i\}$  – координаты верхнего левого угла каждого сегмента.

Условие  $A$  определяет обработку изображения здания, на котором рассматривается разрушение межпанельных швов. С точки зрения сегментов искомые объекты представляют собой объекты регулярной формы в виде линий, которые могут быть обнаружены с помощью алгоритма Хафа.

Условие  $B$  определяет обработку изображения здания или сооружения с объектами нерегулярной формы и со случайным местом расположения, характерных при поиске областей ржавчины, разрушения лакокрасочного покрытия, образование облесений и провалов на крыше. Для сегментации таких изображений достаточно использовать алгоритмы с адаптивной пороговой обработки.

Условие  $C$  определяет обработку изображения здания или сооружения с объектами типовой формы с расположением согласно проектной документации. Для сегментации

таких объектов необходимо использовать алгоритм с масштабируемыми библиотечными объектами.

Условие *D* определяет обработку изображения зданий, сооружений и территории, на которых могут располагаться объекты в произвольных точках со случайной формой. Для сегментации таких изображений используются алгоритмы с использованием нейросетевые технологий, требующие обучение на большом количестве изображений.

Условие *E* определяет все остальные условия, которые требуют адаптации системы автоматизированного мониторинга к новым условиям или задачам.

Второй этап в Блоке 4 предназначен для расчета показателей сегментов в зависимости от запроса заказчика. Показатели сегментов вычисляются по тривиальным алгоритмам для расчета количества, суммы и факта встречаемости артефакта.

**Обсуждение результатов.** Таким образом, предложен блочный метод принятия решения о траектории обработки графической информации как основа искусственного интеллекта в автоматизированной системе мониторинга технического состояния элементов ОПО. Отличительными особенностями метода являются: поэтапная блочная структура, позволяющая осуществить функции фрагментации, улучшения и сегментации изображения, а также принятие решение о вхождении изображения в базу данных для обработки. Составные условия, используемые для принятия решения, образуют основу для построения платформы искусственного интеллекта, для которой требуется построение специального алгоритмического обеспечения и сокращают непрофильные операции экспертов, связанных с определением траектории обработки графической информации в условиях цифровой платформы.

Для демонстрации работоспособности предлагаемого блочного метода разработана программа испытания, которая является унифицированной для всех решаемых задач. Программа испытаний содержит следующие шаги: определение изображения для исследования, построение гистограммы выбранного изображения, выполнение экспертной оценки изображения и построение векторного классификационного признака, движение по блокам метода принятия решений, построение траектории обработки выбранного изображения, реализация построенной траектории обработки изображения. Одним из видов задач в техническом задании на проведение технического обследования является определение протяженности разрушений межпанельных швов на фасадах здания. В качестве исходного изображения выбрана фотография фасада здания главного корпуса участка гнутых профилей крупного металлургического предприятия, изображение которого приведено на рис. 5.

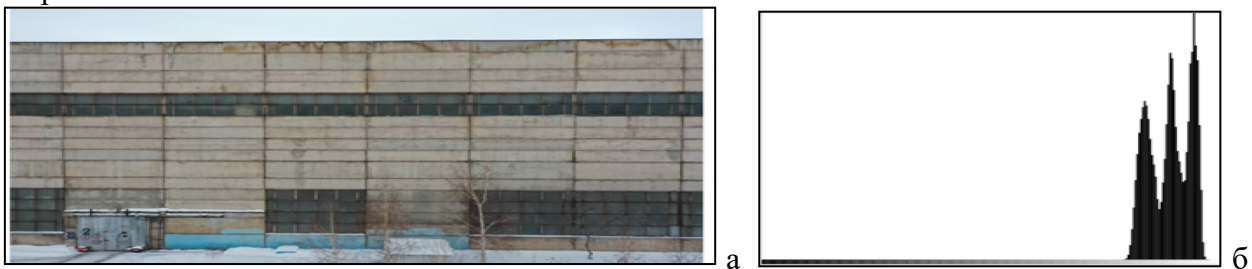


Рис. 5 – Изображение фасада здания, полученное с использованием беспилотного мультироторного летательного аппарата: а – исходное изображение; б – гистограмма изображения

Fig. 5 – Image of a building facade obtained using an unmanned multicopter aerial vehicle:  
a – original image; b – image histogram

Векторный классификационный признак изображения имеет вид:

$$\vec{K} = (0^{0,96}, 1^{0,7}, 1^{0,719}, 1^1, 0^{0,59}, 0^{0,96}, 2^{0,54}, 0^{0,71}, 1^{0,73}).$$

Свертка по координатам векторного классификационного признака равна 6. На рис. 6 показана диаграмма распределения вероятностей значений координат в группе со значением свертки 6 и количество коллизий в этой группе составляет 455 значений.

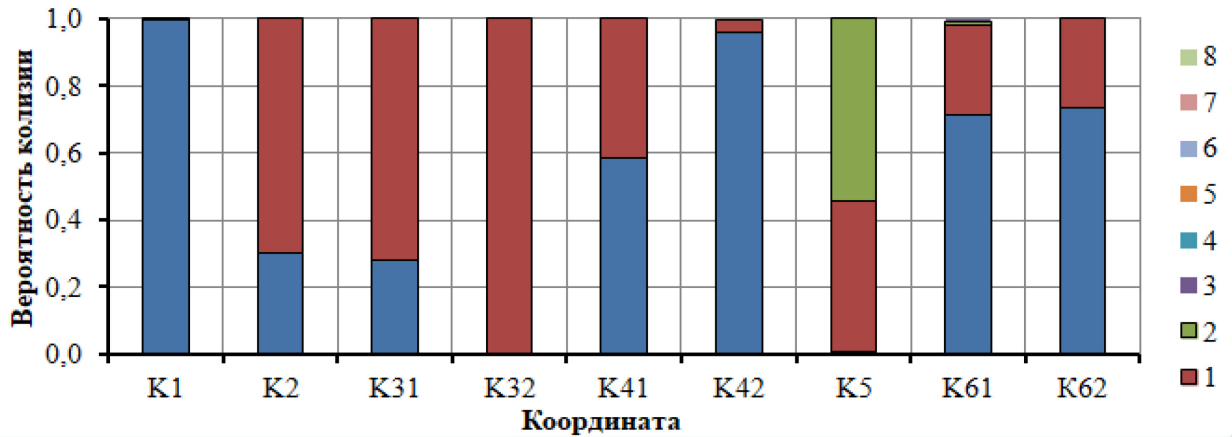


Рис. 6 – Диаграмма распределения вероятностей значений координат в группе со значением свертки 6  
 Fig. 6 – Probability distribution diagram of coordinate values in a group with a convolution value of 6

Используя полученные результаты, на рис. 7 приведены пути движения по блокам метода принятия решения при выборе траектории обработки исходного изображения.

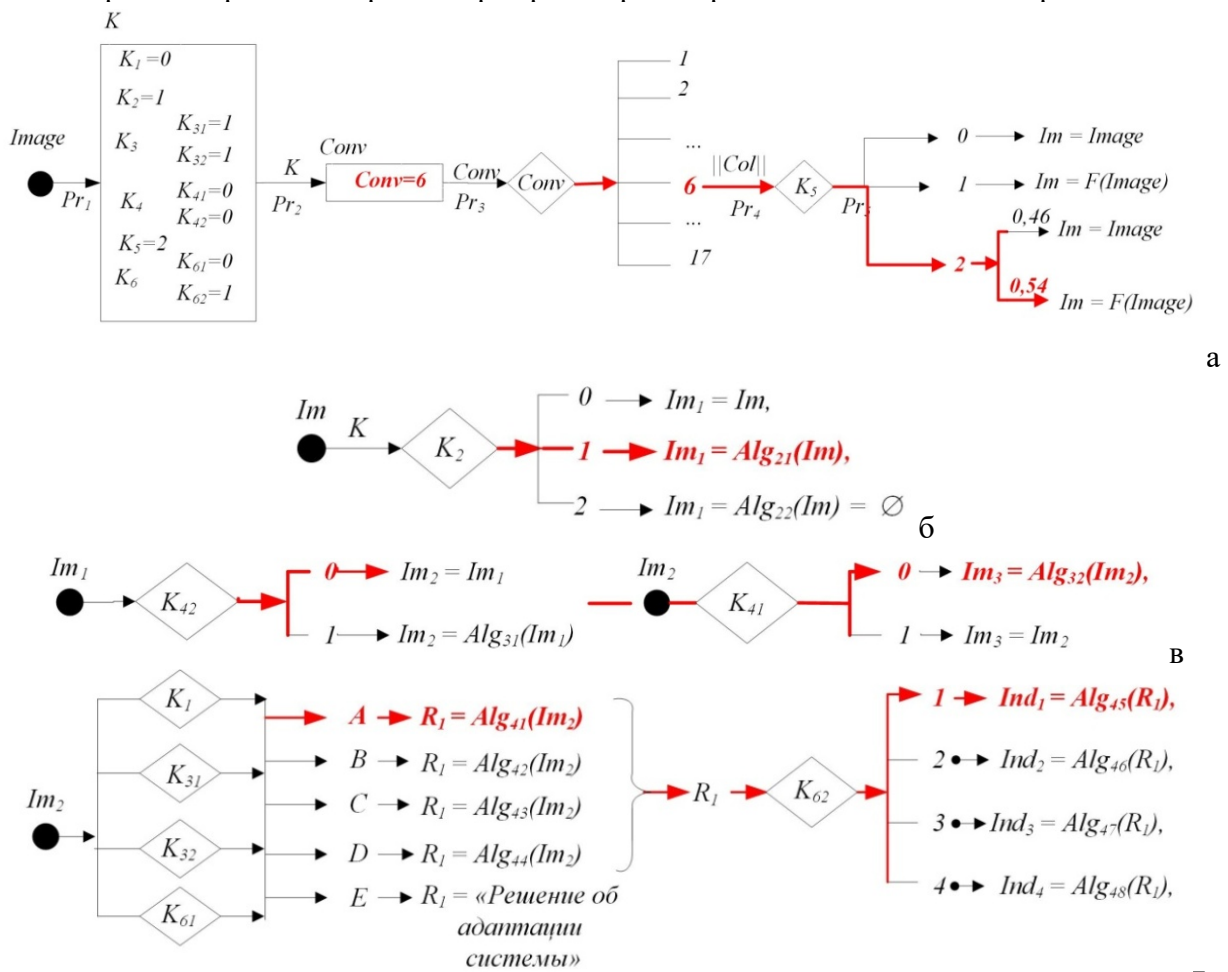


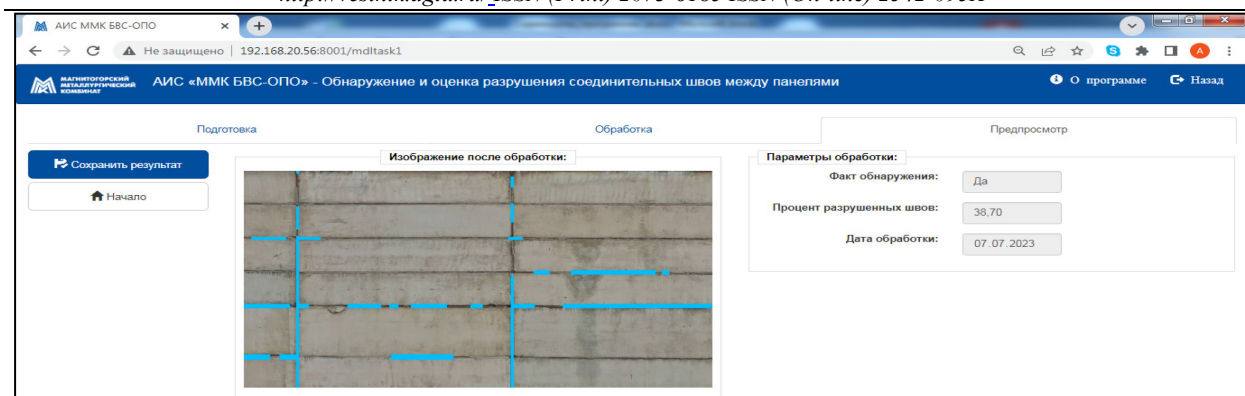
Рис. 7 – Путь движения по блокам метода принятия решений при выборе траектории обработки изображения: а – блок 1; б – блок 2; в – блок 3; г – блок 4

Fig. 7 – The path of movement through the blocks of the decision-making method when choosing an image processing trajectory: a – block 1; b – block 2; c – block 3; d – block 4

Траектория обработки исходного изображения принимает вид:

$$Tr = (\vec{K}; Conv, F(Image), Alg_{21}(Im), Alg_{32}(Im_2), Alg_{42}(Im_2), Alg_{45}(R_1)).$$

На рис. 8 приведен результат обработки изображения с использованием построенной траектории.



**Рис. 8 – Вид рабочего окна с результатами обработки в системе автоматизированного мониторинга**

**Fig. 8 – View of the working window with the results of processing in the automated monitoring system**

На форме отображены результаты оценки разрушения межпанельных швов и их количественные характеристики. Действия человека-эксперта сокращены до уровня построения векторного классификационного признака и последующего принятия решения о необходимости проведения мероприятий по устранению или профилактике найденных разрушений. Опираясь на предложенный блочный метод для принятия решений о траектории обработки графической информации авторами исследования предложена пилотная реализация прикладной цифровой платформы для автоматизированного мониторинга технического состояния элементов опасных производственных объектов. Основы построения платформы изложены в диссертационных исследованиях [17].

Обеспечивая работоспособность метода авторы использовали результаты пилотного обследования опасных производственных объектов крупного металлургического предприятия [18,19], разработали теорию гармонизации традиционных и новых показателей качества опасных производственных объектов [17], построили теорию для оптимизации траектории полета мультироторного летательного аппарата для сбора информации о техническом состоянии элементов ОПО [20], выполнили опробование новой цифровой системы на платформе разработчика. Апробирование системы доказало работоспособность предложенного метода для построения цифровых систем оценки качества элементов опасных производственных объектов для металлургического предприятия.

Идеология предложенного метода обладает элементами фундаментальности и может быть применена для решения задач при изучении и мониторинга состояния множества объектов из любой области.

**Вывод.** Построен блочный метод принятия решения о траектории обработки графической информации как основа искусственного интеллекта в автоматизированной системе мониторинга технического состояния объектов. Основу метода составляет четыре блока: блок фрагментации изображения для автоматической обработки; блок решения по принятию полученного фрагмента в обработку; блок улучшения изображения; блок сегментации изображения и расчета показателей.

Разработанный метод выполняет формализацию знаний эксперта, принимающего решение о траектории обработки изображений элементов опасных производственных объектов, и позволяет перейти к построению системы искусственного интеллекта при мониторинге технического состояния опасных производственных объектов, а также позволил выполнить сокращение непрофильных действий человека-эксперта.

**Благодарности.** Статья публикуется при поддержке НИОКР по договору между ФГБОУ ВО «Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова» и ПАО «Магнитогорский металлургический комбинат» по теме «Разработка и применение методик контроля территории, зданий и сооружений ПАО «ММК» с использованием беспилотных воздушных судов (БВС)».

**Acknowledgments.** This article is published with the support of research and development under an agreement between the Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Magnitogorsk State Technical University named after G.I. Nosov" and PJSC "Magnitogorsk Iron and Steel Works" on the topic "Development and Application of Methods for Monitoring the Territory, Buildings, and Structures of PJSC "MMK" Using Unmanned Aerial Vehicles (UAVs)."

**Библиографический список:**

1. Гонсалес, Р. Цифровая обработка изображений / Р. Гонсалес, Р. Вудс. М.: Техносфера, 2005. 1072 с.
2. Шапиро, Л. Компьютерное зрение / Л. Шапиро, Дж. Стокман. – М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2006. 752 с.
3. Фомин А.Я. Распознавание образов: теория и применения. 2-е изд. М.: Фазис, 2012. 429 с.
4. Ефанов Н.А. Сравнительный анализ существующих подходов к принятию управленческих решений в условиях неопределенности и систем поддержки принятия решений / Н.А. Ефанов // Экономика и управление: проблемы, решения. 2020. Т. 3, № 2. С. 129-137.
5. Тананко И.Е., Фокина Н.П. Метод анализа сетей массового обслуживания с ненадежными приборами и задержкой информации// Вестник Томского государственного университета. Управление, вычислительная техника и информатика. 2020. № 52. С. 90-97. DOI 10.17223/19988605/52/11.
6. Колмаков, О.В. О применимости тензорного метода стоимостного анализа сетей интегрального обслуживания / О.В. Колмаков, М.Н. Петров // Информатика. Экономика. Управление. 2023. Т. 2, № 3. С. 210-224. DOI 10.47813/2782-5280-2023-2-3-0210-0224.
7. Букаева Н.Г., Букаев Г.Г. Организация самостоятельной работы студентов // Азимут научных исследований: педагогика и психология. 2016. № 2. С. 25-32.
8. Багаев И.И. Анализ понятий нейронная сеть и сверточная нейронная сеть, обучение сверточной нейросети при помощи модуля TensorFlow / И.И. Багаев // Математическое и программное обеспечение систем в промышленной и социальной сферах. 2020. Т. 8, № 1. С. 15-22. DOI 10.18503/2306-2053-2020-8-1-15-22.
9. Липко Ю.Ю. Методика принятия решений на основе гибридного интеллекта при принятии решений в управлении деятельностью банка / Ю.Ю. Липко, В.И. Финаев // Известия ТРТУ. 2003. № 1(30). С. 77.
10. Логинов Е.Б., Зайкин А.Н. Определение уровня знаний студентов // Вектор науки ТГУ. Серия: Педагогика, психология. 2014. № 3 (12). С. 142-147.
11. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2020616267 Российская Федерация. Информационно-аналитическая система поддержки принятия решения в области безопасности труда и управления профессиональными рисками: № 2020615298; заявл. 27.05.2020; опубл. 15.06.2020 / И.А. Кочеткова, А.О. Матвиенко, А.В. Чернышов [и др.]; заявитель федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова».
12. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2019618738 Российская Федерация. Программный модуль информационной поддержки принятия решений в системах мониторинга с применением технологии 3D: № 2019617651; заявл. 26.06.2019; опубл. 04.07.2019 / А.Н. Колесников, Ю.Ю. Володина; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Рязанский государственный радиотехнический университет имени В.Ф. Уткина».
13. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2012661139 Российская Федерация. Система оценки кристаллической структуры непрерывного слитка по фотографии: № 2012619149; заявл. 25.10.2012 / О.С. Логунова, Е.А. Ильина; заявитель Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова.
14. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № 2018661720 Российская Федерация. Интеллектуальная система поддержки принятия решений по определению типа фундамента: № 2018618245; заявл. 03.08.2018; опубл. 12.09.2018 / Н.К. Меркулова, Т.В. Омельченко, П.Н. Омельченко; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Оренбургский государственный университет».
15. Метод принятия решений о выборе траектории обработки изображения на основе векторного классификационного признака / В.Д. Корниенко, М.Ю. Наркевич, А.Ю. Филиппов [и др.] // Электротехнические системы и комплексы. 2025. № 1(66). С. 58-66. – DOI 10.18503/2311-8318-2025-1(66)-58-66.
16. Классификация исходных данных для интеллектуальной системы экспертной оценки визуально определяемых дефектов и повреждений / В.Д. Корниенко, Г.А. Ежов, М.Ю. Наркевич, О.С. Логунова // Вестник Череповецкого государственного университета. 2022. № 6(111). С. 53-64. DOI 10.23859/1994-0637-2022-6-111-4.
17. Наркевич М.Ю. Развитие методологии создания системы менеджмента качества металлургического предприятия, эксплуатирующего опасные производственные объекты, на основе прикладной

цифровой платформы: диссертация на соискание ученой степени доктора технических наук / Наркевич Михаил Юрьевич. Магнитогорск, 2023. 332 с.

18. Results of a pilot experiment on monitoring the condition of buildings and structures using unmanned aerial vehicles / M.Yu. Narkevich, O.S. Logunova, P.I. Kalandarov [et al.] // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science: 2nd International Conference on Energetics, Civil and Agricultural Engineering 2021 (ICECAE 2021), Tashkent, 14–16 октября 2021 года. Vol. 939. Tashkent: IOP Science, 2021. P. 012030.
19. Качество материалов, изделий и конструкций в промышленной безопасности: эмпирическая основа / М.Ю. Наркевич, О.С. Логунова, В.Д. Корниенко [и др.] // Вестник Магнитогорского государственного технического университета им. Г.И. Носова. 2021. – Т. 19, № 3. С. 90-101. DOI 10.18503/1995-2732-2021-19-3-90-101.
20. Элементы визуализации при обследовании опасных производственных объектов с использованием беспилотного летательного аппарата / А.Е. Козлова, М.Ю. Наркевич, О.С. Логунова, К.Е. Шахмаева // Научная визуализация. 2023. Т. 15, № 2. С. 113-124. DOI 10.26583/sv.15.2.10.

#### References:

1. Gonzalez R. Digital Image Processing / R. Gonzalez, R. Woods. Moscow: Tekhnosfera, 2005:1072 (In Russ)
2. Shapiro, L. Computer Vision / L. Shapiro, J. Stockman. Moscow: BINOM. Knowledge Laboratory, 2006. 752 p. (In Russ)
3. Fomin, A.Ya. Pattern Recognition: Theory and Applications. 2nd ed. Moscow: Fazis, 2012. 429 p. (In Russ)
4. Efanov, N.A. Comparative Analysis of Existing Approaches to Making Management Decisions under Uncertainty and Decision Support Systems. *Economics and Management: Problems, Solutions*. 2020; 3(2.): 129-137. (In Russ)
5. Tananko I.E., Fokina N.P. Method for analyzing queueing networks with unreliable devices and information delay. *Bulletin of Tomsk State University. Management, Computing and Informatics*. 2020;52: 90-97. DOI 10.17223/19988605/52/11. (In Russ)
6. Kolmakov, O.V. On the applicability of the tensor method for cost analysis of integral service networks / O.V. Kolmakov, M.N. Petrov. *Computer Science. Economics. Management*. 2023; 2(3):210-224. DOI 10.47813/2782-5280-2023-2-3-0210-0224. (In Russ)
7. Bukaeva N.G., Bukaev G.G. Organization of independent work of students. *Azimuth of scientific research: pedagogy and psychology*. 2016; 2:25-32. (In Russ)
8. Bagaev I.I. Analysis of the concepts of neural network and convolutional neural network, training a convolutional neural network using the TensorFlow module. *Mathematical and software support for systems in the industrial and social spheres*. 2020; 8(1):15-22. DOI 10.18503/2306-2053-2020-8-1-15-22. (In Russ)
9. Lipko Yu.Yu. Methodology of decision-making based on hybrid intelligence in decision-making in bank management / Yu.Yu. Lipko, V.I. Finaev. *Izvestiya TRTU*. 2003;1 (30):77. (In Russ)
10. Loginov E.B., Zaykin A.N. Determining the Level of Students' Knowledge. *Vector of Science TSU. Series: Pedagogy, Psychology*. 2014; 3 (12):142-147. (In Russ)
11. Certificate of State Registration of Computer Program No. 2020616267 Russian Federation. Information and Analytical System for Supporting Decision-Making in Occupational Safety and Professional Risk Management: No. 2020615298: declared 05/27/2020: published 06/15/2020 / I.A. Kochetkova, A.O. Matvienko, A.V. Chernyshov [et al.]; Applicant: Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov". (In Russ)
12. Certificate of State Registration of Computer Program No. 2019618738 Russian Federation. Software Module for Information Support of Decision-Making in Monitoring Systems Using 3D Technology: No. 2019617651: declared 26.06.2019: published 04.07.2019 / A.N. Kolesenkov, Yu.Yu. Volodina; Applicant: Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Ryazan State Radio Engineering University named after V.F. Utkin". (In Russ)
13. Certificate of State Registration of Computer Program No. 2012661139 Russian Federation. System for assessing the crystal structure of a continuous ingot using a photograph: No. 2012619149: declared 25.10.2012 / O.S. Logunova, E.A. Ilyina; applicant G.I. Nosov Magnitogorsk State Technical University.
14. Certificate of state registration of a computer program No. 2018661720 Russian Federation. Intelligent decision-making support system for determining the foundation type: No. 2018618245: declared 03.08.2018: published 12.09.2018 / N.K. Merkulova, T.V. Omelchenko, P.N. Omelchenko; applicant Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Orenburg State University" (In Russ)
15. Method for making decisions on selecting an image processing trajectory based on a vector classification feature / V.D. Kornienko, M.Yu. Narkevich, A.Yu. Filippov [et al.] *Electrical systems and complexes*. 2025; 1 (66):58-66. – DOI 10.18503/2311-8318-2025-1 (66) -58-66. (In Russ)

16. Classification of initial data for an intelligent system for expert assessment of visually detectable defects and damage / V.D. Kornienko, G.A. Yezhov, M.Yu. Narkevich, O.S. Logunova. *Bulletin of Cherepovets State University*. 2022; 6 (111): 53-64. DOI 10.23859/1994-0637-2022-6-111-4. (In Russ)
17. Narkevich M. Yu. Development of a methodology for creating a quality management system for a metallurgical enterprise operating hazardous production facilities based on an applied digital platform: dissertation for the degree of Doctor of Technical Sciences. Magnitogorsk, 2023. 332 p. (In Russ)
18. Results of a pilot experiment on monitoring the condition of buildings and structures using unmanned aerial vehicles / M.Yu. Narkevich, O.S. Logunova, P.I. Kalandarov [et al.] // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science: 2nd International Conference on Energetics, Civil and Agricultural Engineering 2021 (ICECAE 2021), Tashkent, October 14–16, 2021. Vol. 939. Tashkent: IOP Science, 2021. P. 012030.
19. Quality of Materials, Products, and Structures in Industrial Safety: An Empirical Basis / M.Yu. Narkevich, O.S. Logunova, V.D. Kornienko [et al.] *Bulletin of the Magnitogorsk State Technical University named after G.I. Nosov*. 2021;19,(3): 90-101. DOI 10.18503/1995-2732-2021-19-3-90-101. (In Russ)
20. Visualization Elements in the Inspection of Hazardous Industrial Facilities Using an Unmanned Aerial Vehicle / A.E. Kozlova, M.Yu. Narkevich, O.S. Logunova, K.E. Shakhmaeva. *Scientific Visualization*. 2023;15(2.):113-124. DOI 10.26583/sv.15.2.10. (In Russ)

**Сведения об авторах:**

Логунова Оксана Сергеевна, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой «Вычислительная техника и программирование»; [logunova66@mail.ru](mailto:logunova66@mail.ru)

Наркевич Михаил Юрьевич, доктор технических наук, доцент, заведующий кафедрой «Промышленное и гражданское строительство»; [narkevich\\_mu@mail.ru](mailto:narkevich_mu@mail.ru)

Корниенко Владимир Дмитриевич, аспирант, кафедра «Вычислительная техника и программирование»; [volodya.kornienko2319@yandex.ru](mailto:volodya.kornienko2319@yandex.ru)

**Information about authors:**

Oksana S. Logunova, Dr. Sci. (Eng.), Prof., Head of the Department of "Computer Engineering and Programming"; [logunova66@mail.ru](mailto:logunova66@mail.ru)

Mikhail Yu. Narkevich, Dr. Sci. (Eng.), Assoc. Prof., Head of the Department of "Industrial and Civil Construction"; [narkevich\\_mu@mail.ru](mailto:narkevich_mu@mail.ru)

Vladimir D. Kornienko, Postgraduate Student, Department of "Computer Engineering and Programming"; [volodya.kornienko2319@yandex.ru](mailto:volodya.kornienko2319@yandex.ru)

**Конфликт интересов/Conflict of interest.**

**Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов/The authors declare no conflict of interest.**

**Поступила в редакцию/ Received 11.07.2025.**

**Одобрена после рецензирования/Revised 17. 08.2025.**

**Принята в печать /Accepted for publication 30.10.2025.**