

2. Golovko, V. The nature of unsupervised learning in deep neural networks: A new understanding and novel approach / V. Golovko, A. Kroschanka // *Optical memory and neural networks (Springer Link)*. – 2016. – № 3 – P. 127–141.
3. Golovko, V. A. Integration of artificial neural networks and knowledge bases / V. A. Golovko, V. V. Golenkov, V. P. Ivashenko, V. V. Taberko, D. S. Ivaniuk, A. A. Kroschanka, M. V. Kovalev // *Open semantic technologies for designing intelligent systems (OSTIS'2018): materials of the International Science and Technology Conf. Minsk, February 15-17, 2018*. – Minsk : BSUIR, 2018. – P. 133–145.
4. Golovko, V. Principles of decision-making systems building based on the integration of neural networks and semantic models / V. Golovko, A. Kroschanka, V. Ivashenko, M. Kovalev, V. Taberko, D. Ivaniuk // *Open Semantic Technologies for Intelligent Systems (OSTIS'2019)*. – Minsk : BSUIR, 2019. – P. 91–102.
5. Liu, W. SSD: Single Shot MultiBox Detector / W. Liu, D. Anguelov, D. Erhan, C. Szegedy, S. Reed, C. Fu, A.C. Berg // *arXiv [Web-resource]*. – 2015. – Mode of access : <https://arxiv.org/pdf/1512.02325.pdf>. – Date of access : 12.12.2019.
6. Howard, A.G. MobileNets: Efficient Convolutional Neural Networks for Mobile Vision Applications / A. G. Howard, M. Zhu, B. Chen, D. Kalenichenko, W. Wang, T. Weyand, M. Andreetto, H. Adam // *arXiv [Web-resource]*. – 2017. – Mode of access : <https://arxiv.org/pdf/1704.04861.pdf>. – Date of access : 12.12.2019.
7. Golovko, V. Brands and Caps Labeling Recognition in Images Using Deep Learning / V. Golovko, A. Kroschanka, E. Mikhno // *International Conference on Pattern Recognition and Information Processing (PRIP 2019)*. – Springer, 2019. – P. 35–51.
8. Ren, S. Faster R-CNN: Towards Real-Time Object Detection with Region Proposal Networks / Shaoqing Ren, Kaiming He, Ross Girshick, Jian Sun // *arXiv [Web-resource]*. – 2016. – Mode of access : <https://arxiv.org/pdf/1506.01497.pdf>. – Date of access : 12.12.2019.
9. He, K. Deep Residual Learning for Image Recognition / K. He, X. Zhang, S. Ren, J. Sun // *arXiv [Web-resource]*. – 2015. – Mode of access : <https://arxiv.org/pdf/1512.03385.pdf>. – Date of access : 12.12.2019.

03.02.2020

GOLOVKO V. A., KROSHCHENKO A. A. Implementation of a neural network system for recognition of product labeling

The paper discusses the implementation of a neural network system for the detection and recognition of product labeling of JSC Savushkin Product. The main criteria for the quality of the developed system are related to the accuracy of labeling recognition and to the speed of such recognition.

The system is based on a cascade model of neural networks of different architectures (convolutional classifiers, SSD model based on MobileNet v1), each of which solves its own subtask. An approach is described in which not all frames are processed, but only those that belong to a certain class and are selected by a neural network classifier. This method significantly accelerates the work of the entire system.

The results of detection and recognition are presented, confirming the effectiveness of the developed system.

004.89

.

Введение. В результате глобальных климатических изменений возросло количество и масштаб различных стихийных бедствий, губительно влияющих на природно-территориальные комплексы. Наибольший ущерб приносят наводнения, землетрясения, штормы, засухи, вулканы и лесные пожары. В данной работе акцент сделан на пожары, количество, масштаб и мощность которых возрастает по мере увеличения уровня концентрации углекислого газа в атмосфере и средней глобальной температуры [1, 2]. Например, в Австралии в 2019-2020 гг. площадь пожаров превысила 10,7 миллионов гектар, в результате погибли 29 человек, сгорели реликтовые сосновые и эвкалиптовые рощи, более миллиарда диких животных. В России последние десять лет также увеличивается площадь пожаров, в основном в Сибирском и Дальневосточном федеральных округах [3].

Для своевременной фиксации и минимизации разрушительных последствий стихийных бедствий разрабатываются международные, государственные и региональные системы мониторинга. Наиболее совершенные из них проводят наблюдение за различными регионами Земли, фиксируют аномальные явления, диагностируют причину изменений и вырабатывают соответствующие управляющие решения. Последние содержат рекомендации для административных органов, подразделений МЧС и населения [4]. Необходимость в таких системах очевидна, но их разработка требует значительных финансовых вложений, достаточно много времени и больших затрат высококвалифицированных специалистов. Кроме того, они ориентированы на определенный метод мониторинга и один тип датчиков, что существенно сужает класс решаемых ими задач.

Анализ процессов возникновения и тушения пожаров в Австра-

лии, России, США, Южной Америке, Индонезии, Ливане в 2019 г. показал, что существующие системы мониторинга во многих случаях оказались неэффективными. Они не учитывали специфику ландшафта на местах и фиксировали пожары в средней или высокой стадии развития. Поэтому управляющие решения запаздывали, как и группы реагирования с противопожарной и спасательной техникой. Кроме того, пожары часто возникали в местах, где их никогда ранее не было, поэтому население не знало правил безопасности и мест расположения убежищ, что привело к человеческим жертвам.

Одним из подходов, снижающих потери от пожаров, является разработка недорогих локальных систем мониторинга, учитывающих местные условия, возможные очаги возгорания и содержащих правила поведения в случае возникновения опасности. В данной работе представлен пошаговый процесс построения такой системы и пример ее использования.

1. Обзор литературы. Поиск новых методов и средств борьбы с пожарами в природно-территориальных комплексах занимают во многих странах мира. Анализ результатов, сделанный в [3, 5, 6, 7], показывает, что исследования в основном сосредоточены на совершенствовании методов и аппаратных средств глобального мониторинга Земли на основе дистанционного зондирования. Типичный пример его реализации: спутники AQUA и TERRA, оснащенные приборами MODIS, получают снимки земной поверхности в видимом и инфракрасном тепловом диапазонах. После их обработки на серверах алгоритмом MOD14 фиксируются тепловые аномалии (горячие точки), характеристики и координаты которых сообщаются диспетчерам [3]. Аналогичный подход используется в системах "Каскад",

Барановский Олег Васильевич, соискатель кафедры ИСУ ФПМИ Белорусского государственного университета; e-mail : 1bov@mail.ru.

Вальвачев Александр Николаевич, к. т. н., доцент кафедры информационных систем управления Белорусского государственного университета; e-mail : van_955@mail.ru.

Беларусь, 220050, г. Минск, пр. Независимости, 4.

“ИСДМ-Рослесхоз”. В США агентство NASA организовало 19 различных миссий наблюдения за различными регионами Земли. Компания Amazon открыла свободный доступ через ArcGIS к петабайту изображений Земли в различных спектрах, полученным спутником Landsat 8 и размещенным на платформе облачных вычислений Amazon Web Services (<https://aws.amazon.com/ru/earth/>).

Наземные методы и средства мониторинга сфокусированы на использовании наблюдательных вышек (включая сотовые) с оптическими, инфракрасными, химическими и другими датчиками, данные от которых обрабатываются с целью фиксации момента появления огня, дыма и подачи сигнала тревоги диспетчерам лесных хозяйств и МЧС. К этой группе систем относятся в частности “Forest fire detection” [8] и “Лесной дозор” [9].

Отдельное направление наземного мониторинга связано с использованием энергоэффективных микродатчиков. Такие датчики размещаются на земле, скалах или деревьях, фиксируют тепловые (огонь), химические (дым), сейсмические и другие показатели и передают соответствующую информацию через ретранслятор на сервер диспетчера, который оперативно принимает соответствующие решения.

Каждый из подходов имеет свои положительные и отрицательные стороны. Рассмотрим наиболее важные с практической точки зрения.

Тип 1: космический мониторинг (sT1). Положительная сторона его использования заключается в охвате огромных территорий. Недостатки: большие затраты памяти на хранение и времени на обработку снимков; площадь возгорания для обнаружения должна быть значительной; зависимость качества снимков от времени суток и прозрачности атмосферы; высокая стоимость проекта на стадии создания.

Тип 2: авиационный мониторинг (sT2). Преимущества: при летной погоде вылет выполняется в любой момент времени. Недостатки: зависимость качества снимков от погоды и прозрачности атмосферы; сложность обработки снимков для локализации горячих точек; запаздывание принятия решений; постоянно высокие расходы на топливо и обслуживание. В настоящее время по мере увеличения максимальной дальности полета идет замена самолетов на экономичные беспилотные летательные аппараты.

Тип 3: наземный мониторинг (вышки) (sT3). Преимущества: возможность создания локальных систем мониторинга, учитывающих местные особенности ландшафта; возможность строительства вышек в любой точке леса, обеспечивающей максимальный охват наблюдения. Недостатки: слабый уровень защищенности оборудования; сложность определения координат точки возгорания.

Тип 4: наземный мониторинг (микро-датчики) (sT4). Преимущества: возможность создания локальных систем мониторинга с интеллектуальными мобильными или стационарными датчиками в удаленных и труднодоступных районах; возможность привязки оценок и решений к местным условиям; размещение на наиболее опасных направлениях с учетом экспертных знаний; высокая точность определения координат точки возгорания. Недостатки: разнообразие и несовместимость форматов сигналов от датчиков различной природы; неразвитость или закрытость технологий применения больших групп гетерогенных датчиков для достоверной целостной оценки состояния объектов.

Судя по результатам пожаров в Австралии и других странах, применение систем мониторинга типа sT1-sT3 оказалось недостаточно эффективным. Поэтому актуальной задачей является разработка методов и недорогих систем для локального мониторинга типа sT4. В данной работе представлен один из возможных вариантов ее решения.

2. Основные определения. Прежде всего уточним терминологию.

Природно-территориальные комплексы (ПТК) – “области, сходные по преобладающему характеру рельефа, климата, вод, растительности и почвенного покрова” (Л. С. Берг).

Параметры – характеристики ПТК, позволяющие определить его состояние.

Датчики – стационарные или мобильные устройства, состоящие из контроллера и сенсоров, фиксирующих значения параметров.

Результирующий параметр – численная переменная, обобщающая зафиксированные датчиком сигналы и характеризующая состояние ПТК в зоне действия датчика.

Пакет – архивированный комплекс данных, полученных на уровне датчика.

Ретранслятор – устройство, принимающее, усиливающее и передающее на сервер сигналы от датчиков.

Сервер – аппаратно-программная среда, обеспечивающая жизненный цикл системы мониторинга.

Система мониторинга – распределенная система, наблюдающая за параметрами ПТК, оценивающая его состояние и принимающая соответствующие решения.

В рамках данного комплекса определений сформулируем задачу мониторинга ПТК.

3. Постановка задачи. Пусть имеется ПТК, объединяющий природные и техногенные компоненты, а также включающий администрацию, предприятия и население, связанные телефонными и другими коммуникациями. ПТК находится в зоне, где под влиянием внешних или внутренних факторов возможно возникновение пожаров. Для реагирования на чрезвычайные ситуации администрация может задействовать подразделения МЧС, которые обслуживают несколько ПТК. Действия администрации и МЧС может курировать эксперт, хорошо знающий местный ландшафт и наиболее вероятные места возгорания.

Требуется разработать систему мониторинга, фиксирующую параметры ПТК, оценивающую ситуацию, формирующую соответствующее решение и оповещающую о нем администрацию, МЧС, предприятия и население.

Требования к системе направлены на возможно быстрое реагирование на возникновение опасных ситуаций:

- применение проактивного принципа, обеспечивающего фиксацию ситуации на начальной стадии ее развития, что в значительной мере решает проблему запаздывания принятия решений;
- уменьшение роли человека в принятии решений;
- мобильность и возможность развертывания в любых природных ландшафтах;
- простота и минимальный объем программного кода.

Решение поставленной задачи включает три этапа: построение концептуальных моделей сущностей задачи, разработка проактивного алгоритма мониторинга и его реализация в форме программной системы.

4. Концептуальные модели сущностей мониторинга. Концептуальные модели строятся для формирования цельного взгляда на решаемую проблему и постепенно уточняются по мере реализации проекта.

Модель сцены мониторинга:

$$\text{scene} = (\text{ПТК}, A, M, P, N, \text{sys}, \text{com}), \quad (1)$$

где ПТК – ПТК; A – администрация; M – МЧС; P – предприятия; N – население; sys – система мониторинга; com – коммуникации.

Модель системы мониторинга:

$$\text{sys} = (\text{aiS}, \text{st}, \text{dtsp}, X, V, U, \text{DB}, \text{map}, \text{com}), \quad (2)$$

где aiS – программное обеспечение на уровне сервера; st – станция-ретранслятор; dtsp – датчики; X – вектор значений параметров от датчиков; V – состояние ПТК; U – управляющее решение; DB – база данных с электронными адресами жителей; map – цифровая карта ПТК.

Модель датчика:

$$\text{dt} = (\text{id}, \text{type}, \text{aiD}, \text{crd}, \langle X \rangle, X, \text{pak}, \text{com}), \quad (3)$$

где id – идентификатор датчика; type – тип; aiD – программное обеспечение контроллера; crd – координаты места нахождения датчика; $\langle X \rangle$ – фиксируемые сигналы; X – результирующий сигнал; pak – пакет, отправляемый на ретранслятор.

Создание системы мониторинга на основе моделей (1)-(3) включает два этапа: подготовительный и эксплуатационный. На первом этапе эксперты анализируют особенности ПТК, выбирают датчики и места их размещения, создают соответствующую цифровую карту, формируют списки их идентификаторов (dtsp) и координат (crd), возможных состояний (V) ПТК и соответствующих управляющих решений (U). На втором этапе система развертывается на местности в соответствии с координатами датчиков, проверяются средства коммуникации и начинается процесс мониторинга: фиксация значений параметров, формирование пакета, отправка пакета на ретрансля-

тор, аккумулярование пакетов, отправка на сервер, построение вектора, анализ вектора, оценка состояния, принятие решения.

На практике первый этап занимает достаточно много времени, второй требует участия специалистов IT для настройки сервера, создания сети и т. д. Поэтому для обеспечения понимания процесса мониторинга применим рекомендуемый в [10] прагматический подход: совместим описание алгоритма с разработкой системы, что позволит увидеть как работу эксперта, так и результаты использования его знаний.

5. Разработка системы. Для решения поставленной задачи прежде всего необходимо нормализовать сигналы различной природы, поступающие на сенсоры датчиков, и отобразить их на шкалу, ранжированную по уровню опасности. В данной работе в качестве такой шкалы используется диапазон 0.00-1.00, предложенный Л. Заде для аналогичных задач в теории нечетких множеств [11]. Например, в нашем случае поддиапазон 0.00-0.33 может означать отсутствие температурных и других аномалий, 0.34-0.66 – начало возгорания, 0.67-1.00 – пожар.

Модели (1)-(3) могут быть реализованы на различных языках в консольной или графической форме. Количество датчиков в практических задачах часто достигает нескольких тысяч, а состояний – несколько десятков. Для алгоритма мониторинга можно использовать методы различного уровня сложности: от распознавания образов до нейронных сетей [4]. В данном случае для простоты понимания используем простой проактивный алгоритм. Он заключается в нахождении диапазона, куда попадает нормализованный сигнал от датчика и определения соответствующей метки, указывающей на состояние и управляющее решение.

В качестве объекта мониторинга будем рассматривать реликтовую рощу. Ограничимся десятью датчиками (dtspr) и тремя состояниями (V). Для реализации используем язык Python и IDEThonny [12]. Датчики, их координаты, состояния и управляющие решения определим непосредственно в коде программы, хотя на практике удобнее использовать отдельную базу данных. Ниже представлен пошаговый процесс создания прототипа системы мониторинга в рамках указанных ограничений.

Подключаем необходимые библиотеки:

```
import numpy as np
from PIL import Image
import datetime
```

Формируем список датчиков и их адаптированных координат:

```
dtspr = np.array(["dt1", "dt2", "dt3", "dt4", "dt5", "dt6", "dt7", "dt8", "dt9", "dt10"])
crd = np.array(["5-65", "5-63", "7-11", "7-65", "8-69", "8-51", "9-94", "9-43", "10-12", "10-53"])
```

Создаем список возможных состояний и управляющих решений:

```
v = np.array(["Норма", "Возгорание!", "Пожар!"])
u = np.array(["Наблюдать", "Отправить пожарный БПЛА", "Отправить пожарную команду!"])
```

Вычисляем шаг шкалы в диапазоне 0.00-1.0 и эталоны состояний:

```
st = 1/len(v)
w = (np.arange(0.0, 1.1, st))
```

Формируем вектор входных сигналов, который характерен для возгорания леса в нескольких местах во время сухих гроз:

```
X = (0.00, 0.40, 0.00, 0.00, 0.00, 0.00, 0.00, 0.00, 0.00, 1.00)
```

Строим элементы консольного интерфейса:

```
print (" МОНИТОРИНГ ПТК")
print
("*****")
print ("Датчик Координаты Состояние Решение ")
print
("*****")
```

Определяем и выводим состояние и управляющее решение:

```
for i in range (0,len(X)):
    if X[i] >= w[0] and X[i] <= w[1]: y = 0
    if X[i] > w[1] and X[i] <= w[2]: y = 1
    if X[i] > w[2] and X[i] <= w[3]: y = 2
    print (dtspr[i].ljust(10):10,crd[i].ljust(14):14,v[y].ljust(14):14, u[y])
print
("*****")
print ("Датаивремя:", datetime.datetime.today())
print
("*****")
```

Выбираем и выводим карту ПТК:

```
img = Image.open('c:\ptkRel2.jpg')
img.show()
```

Выполнив эту программу, получим результат: отчет о состоянии ПТК в зоне наблюдения каждого из 10 датчиков, соответствующие управляющие решения и карту (рис. 1).

Согласно данным отчета, опасные ситуации возникли на участках, где расположены датчики 2 и 10. В одном случае наблюдается возгорание, в другом – пожар. Диспетчер, получив эти сведения и соответствующие рекомендации, приступает к их выполнению.

В данном примере используется статическая карта, в графическом варианте – карта динамическая, т. е. дополнительно выводятся координаты точек возгорания, изменяется цвет меток датчиков, появляется возможность масштабирования карты.

Данная версия программы была протестирована на 70 векторах, описывающих различные чрезвычайные ситуации. В 80% результаты совпал с мнением эксперта. В 20% случаев потребовалось увеличить количество состояний и рекомендаций до 5.

Заключение. В статье рассмотрена проблема построения локальных систем мониторинга ПТК на основе гетерогенных датчиков. Системы этого класса дополняют глобальные системы дистанционного зондирования.

Предложено простое решение, основанное на использовании нового поколения недорогих интеллектуальных датчиков, фиксирующих сигналы различной природы. В результате имитационного моделирования получены результаты, в большинстве случаев совпадающие с выводами экспертов по оценке одних и тех же ситуаций, что говорит о полезности исследований в данном направлении.

Существенным преимуществом локальных систем является возможность быстрого расширения состава входного вектора данных за счет подключения нормализованных результатов космического, авиационного и других видов мониторинга. Соответственно, появляется возможность увеличения достоверности оценок, правильности решений и объединения глобальных и локальных систем в единую взаимодополняющую структуру.

МОНИТОРИНГ ПТК			
Датчик	Координаты	Состояние	Решение
dt1	5-65	Норма	Наблюдать
dt2	5-63	Возгорание!	Отправить пожарный БПЛА!
dt3	7-11	Норма	Наблюдать
dt4	7-65	Норма	Наблюдать
dt5	8-69	Норма	Наблюдать
dt6	8-51	Норма	Наблюдать
dt7	9-94	Норма	Наблюдать
dt8	9-43	Норма	Наблюдать
dt9	10-12	Норма	Наблюдать
dt10	10-53	Пожар!	Отправить пожарную команду!

Дата и время: 2020-02-02 12:52:59.061824

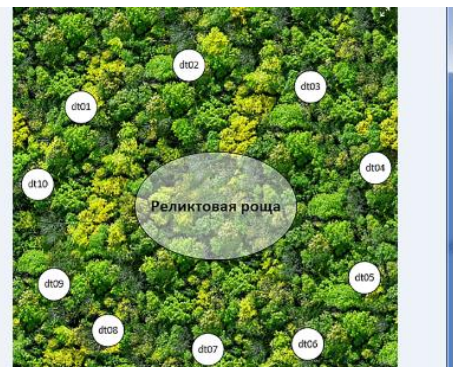


Рисунок 1 – Результат мониторинга ПТК

СПИСОК ЦИТИРОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. The Global Risks Report 2018 // World Economic Forum, 2018. – 70 p.
2. Statement on the state of the global climate in 2019. – WMO, 2020. – 34 p.
3. Голубева, Е. И. Инновационные технологии в мониторинге лесных пожаров / Е. И. Голубева, С. Н. Жаринов // Вестник РАЕН. – 2014. – № 2, Том.14. – С. 67–72.
4. Виссия, Х. Принятие решений в информационном обществе / Х. Виссия, В. В. Краснопрошин, А. Н. Вальвачев. – СПб : ЛАНЬ, 2019. – 227 с.
5. Кудрин, А. Ю. Современные методы обнаружения и мониторинга лесных пожаров / А. Ю. Кудрин, А. И. Запорожец, Ю. В. Подрезов // Технологии гражданской безопасности. – 2006. – Том 3, Вып. 4. – С. 66–67.
6. Катковский, Л. В. Методы и средства дистанционного мониторинга лесных пожаров / Л. В. Катковский, С. Ю. Воробьев // Доклады БГУиР. – 2009. – N 2. – С. 51–58.
7. Котельников, Р. В. Космический мониторинг лесных пожаров / Р. В. Котельников, Н. А. Коршунов // Авианорама. – 2008. – № 2. – С. 14–17.
8. Forest fire detection [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://forestfiredetection.com>. – Дата доступа : 30.12.2019.
9. Лесной дозор [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://lesdozor.ru/about-system/>. – Дата доступа : 14.01.2020.
10. Бродский, Ю. И. Распределенное имитационное моделирование сложных систем / Ю. И. Бродский – М. : ВЦ РАН, 2010. – 156 с.
11. Zadeh, L. Fuzzy Sets, Fuzzy Logic, and Fuzzy Systems / L. Zadeh, G. Klir, B. Yuan. – World Scientific Pub. Co. Inc., 1996. – 840 p.
12. ThonnyIDE [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://thonny.org/>. – Дата доступа : 15.01.2020.

03.02.2020

BARANOVSKY O. V., KRASNOPROSHIN V. V., VALVACHEV A. N. System of monitoring natural and territorial complexes

The article considers the problem of organizing proactive monitoring of natural-territorial complexes (forests, reserves, etc.) in order to ensure their safety. A complex of models, a proactive decision-making algorithm, a monitoring program and an example of its use are proposed. The peculiarity of the algorithm is the use of normalized signals of heterogeneous sensors, which made it possible to evaluate objects based on data of various nature.

004; 004.93

. .

. .

. .

Введение. Более триллиона фотографий было сделано в 2018 году. Задача оперативной оценки их качества и удаления плохих фотографий является очень актуальной проблемой [1]. Однако для фотографий и любых других цифровых изображений не существует эталонов, с которыми их можно сравнивать. Цель наших исследований: оценка качества цифровых изображений в отсутствии эталонов.

Исследования, представленные в статье [2], показали, что множество локальных оценок качества, полученных в результате анализа одного изображения, может не соответствовать нормальному распределению данных. В статьях [3–4] экспериментально показано, что модификация известных подходов по оценке качества посредством использования параметра формы распределения Вейбулла вместо среднего значения локальных оценок точнее описывает контраст изображения и лучше коррелирует с визуальными оценками качества изображения. Данная статья продолжает исследования в указанной области. Описаны решения двух задач:

1. Выбрать распределение случайных величин, которое точнее нормального аппроксимирует множество локальных оценок качества. На рисунке 1в в качестве примера представлены исходное изображение из базы TID2013 [5] и гистограмма локальных оценок меры качества LOEN, аппроксимированная шестью распределениями. Метод максимального правдоподобия показал, что для представленного изображения хуже всего гистограмму локальных оценок аппроксимирует распределение Рэлея, а лучше всего – распределение экстремальных значений.

2. Выбрать параметры распределений, значения которых максимально коррелируют с визуальной оценкой качества цифровых изображений (MOS – Mean opinion score).

Экспериментальная часть. В экспериментах использовались

три общедоступные базы изображений: 1) TID2013 (3000 искаженных изображений размером 512x384 пикселя, 24 типа искажений, 5 уровней искажений каждого исходного изображения); 2) CSIQ Lab [6] (142 изображения, 5 уровней искажения контраста, 29 исходных изображений размером 512x512 пикселя); 3) CCID [7] (нелинейные изменения контраста 670 изображений размером 768x512 пикселя).

Из базы TID2013 было отобрано 5 групп по 120 изображений, которые имитируют искажения, возникающие в процессе регистрации изображений: аддитивный гауссовский шум, импульсный шум, гауссовское размытие, фильтрация шума, изменение контраста. На рисунке 2 представлены примеры изображений с разными искажениями.

Для исследования вариантов описания множества локальных оценок характеристиками кривой были выбраны следующие распределения случайных величин: равномерное (uniform), нормальное (normal), логарифмическое нормальное (логнормальное, log-normal), экспоненциальное (exponential), гамма (gamma), Вейбулла (Weibull), логистическое (logistic), логарифмическое логистическое (log-logistic), обобщенное распределение экстремальных значений (generalized extreme value, GEV), Бирнбаума-Саундерса (BirnbaumSaunders), экстремальных значений (extremevalue), обобщенное Парето (generalizedPareto), обратное Гаусса (inverseGaussian), Накарами (Nakagami), Рэлея (Rayleigh), Стюдента (t location-scaledistribution) [8]. В экспериментах были использованы ранее отобранные меры качества изображений: BEGH [4], BREN [9], CON3 [10], FUS, GORD [4], HELM [9], LAPD [3], LAPM [9], LOCC [9], LOEN [9], SVDB [9].

В первых экспериментах использовались изображения базы TID2013. Для каждого типа искажения каждой меры качества с помощью метода максимального правдоподобия вычислялась точ-

Голуб Юлия Игоревна, к. т. н., доцент, старший научный сотрудник государственного научного учреждения «Объединенный институт проблем информатики Национальной академии наук Беларуси» (ОИПИ НАН Беларуси).

Старовойтов Валерий Васильевич, д. т. н., профессор, главный научный сотрудник ОИПИ НАН Беларуси, лауреат Государственной премии Республики Беларусь.

Беларусь, ОИПИ НАН Беларуси, 220012, г. Минск, ул. Сурганова, 6.

Старовойтов Федор Валерьевич, аспирант Белорусского национального технического университета.

Беларусь, БНТУ, 220013, г. Минск, пр. Независимости, 65.