

20. Iba H. and Aranha C.C. Introduction to genetic algorithms, *Adaptation, Learning, and Optimization*, 2012. Doi: 10.1007/978-3-642-27648-4_1.
21. Goldberg D.E. and Holland J.H. Genetic Algorithms and Machine Learning, *Machine Learning*, 1988. Doi: 10.1023/A:1022602019183.
22. Kholod I.I. Metod opredeleniya vozmozhnostey parallel'nogo vypolneniya funktsiy algoritmov analiza dannykh [Method for determining the capabilities of parallel functions of data analysis algorithms], *Programmnye produkty i sistemy* [Software products and systems], 2018, No. 2, pp. 268-274.
23. Kholod I.I., Karshiev Z.A. Metod postroeniya parallel'nykh algoritmov intellektual'nogo analiza dannykh iz potokonezavisimykh funktsional'nykh blokov [A method of constructing parallel algorithms for data mining from photocontainer functional blocks], *Izvestiya SPbGETU «LETI»* [Izvestiya SPbGETU «LETI»], 2013, No. 8, pp. 38-45.
24. Kholod I.I. Modeli i metody postroeniya parallel'nykh algoritmov analiza raspredelennykh dannykh: diss. ... d-ra tekhn. nauk [Models and methods of construction of parallel algorithms for analysis of distributed data: dr. of eng. sc. diss.]. Saint Petersburg, 2018.
25. Kalyaev I.A., Gayduk A.R., Kapustyan S.G. Samoorganizatsiya v mul'tiagentnykh sistemakh [Self-organization in multi-agent systems], *Izvestiya YuFU. Tekhnicheskie nauki* [Izvestiya SFedU. Engineering Sciences], 2010, No. 3 (104), pp. 14-20.

Статью рекомендовала к опубликованию д.т.н. А.В. Никитина.

Клименко Анна Борисовна – Научно-исследовательский институт многопроцессорных вычислительных систем им. А.В. Каляева; e-mail: anna_klimenko@mail.ru; г. Таганрог, пер. Смирновский 121, кв. 3; тел.: 89085067014; с.н.с.; к.т.н.

Сафроненкова Ирина Борисовна – Южный федеральный университет; e-mail: safronenkova050788@yandex.ru; г. Таганрог, ул. Чехова, 43, кв. 9; тел.: 89604678753; кафедра САПР; аспирант.

Klimenko Anna Borisovna – Research Institute of Multiprocessor Computation Systems n.a. A.V. Kalyaev; e-mail: anna_klimenko@mail.ru; Taganrog, Smirnovskiy street, 121, 3 apart.; phone: +79085067014; senior research; cand. of eng. sc.

Safronenkova Irina Borisovna – Southern Federal University; e-mail: safronenkova050788@yandex.ru; Taganrog, Chekova street, 43, 9 apart.; phone: +79604678753; the department of CAD; postgraduate student.

УДК 624.131:577.4

DOI 10.23683/2311-3103-2018-8-94-103

**Э.В. Мельник, М.В. Орда-Жигулина, А.А. Родина, Д.В. Орда-Жигулина,
Д.Я. Иванов**

ОБ ОРГАНИЗАЦИИ СБОРА И ОБРАБОТКИ ДАННЫХ В СИСТЕМЕ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ОПАСНЫХ ЯВЛЕНИЙ ДЛЯ ПРИБРЕЖНОЙ ЗОНЫ С ПРИМЕНЕНИЕМ ТЕХНОЛОГИЙ ЦИФРОВОЙ ЭКОНОМИКИ*

В настоящее время мониторинг и прогнозирование опасных явлений осуществляется различными организациями и ведомствами, каждое из которых применяет свои собственные системы. Эти системы отличаются номенклатурой исходных данных и методами их сбора, обработки и хранения, имеют разную архитектуру, правовое обеспечение. В данной работе рассмотрены вопросы организации сбора и обработки данных в системе мониторинга и прогнозирования опасных явлений и обеспечения безопасности населения и береговой инфраструктуры на базе таких технологий цифровой экономики, как туманные вычисления, промышленный интернет вещей и распределенный реестр. Показано, что в рамках реализации ранее предложенного авторами «комбинированного» метода организации сис-

* Публикация подготовлена в рамках реализации проекта РФФИ №18-05-80092.

темы можно осуществлять сопоставление первичных метеорологических данных, данных гидрологического и биологического мониторинга, данных о физиологических параметрах человека и текстовых сообщений, фото и видеоматериалов из социальных сетей с применением уже существующей информационной инфраструктуры. Проведен обзор литературы и патентный поиск, в результате которого определены основные типы данных и датчиков, которые применяются в системах мониторинга и прогнозирования опасных процессов и обеспечения безопасности населения.

Абразия; гидрологический; метеорологический; биологический мониторинг; системы сбора и обработки данных; промышленный интернет вещей; распределенный реестр; цифровая экономика; туманные вычисления; мониторинг и прогнозирование опасных явлений.

**E.V. Melnik, M.V. Orda-Zhigulina, A.A. Rodina, D.V. Orda-Zhigulina,
D.Ya. Ivanov**

**ON ORGANIZATION OF DATA COLLECTION AND PROCESSING IN THE
SYSTEM OF FORECASTING OF DANGEROUS PHENOMENA FOR THE
COASTAL ZONE TO APPLY THE TECHNOLOGIES OF THE DIGITAL
ECONOMY**

Recently "fog computing" and technology of the industrial Internet of Things are actively developing. These technologies allow linking data services, distributing the load on available resources, processing large amounts of data in the networks, which is very important for monitoring in real-time and for medical databases. The technologies link together different types of smart sensors meteorological data, hydrological and biological monitoring data, physiological parameters of people in the coastal zone, mobile devices of the coastal population and important messages of users in social networks. This paper addresses the organization of data collection and processing in the system of monitoring and forecasting hazardous phenomena and ensuring the safety of the population and coastal infrastructure based on such digital economy technologies as foggy computing, industrial Internet of things and distributed registry. It is shown that in the framework of the implementation of the "combined" method of organizing the system previously proposed by the authors, it is possible to compare primary meteorological data, hydrological and biological monitoring data, human physiological parameters and text messages, photos and video from social networks using the existing information infrastructure. A literature review and patent search were conducted, as a result of which the main types of data and sensors were identified, which are used in systems for monitoring and forecasting hazardous processes and ensuring public safety. It was suggested the method of monitoring of physiological parameters of people in the coastal zone for the monitoring system of forecasting hazardous processes. The method is proposed for monitoring the physiological parameters of people living in the coastal zone.

Abrasion, hydrological; meteorological; biological monitoring; data collection; processing systems; industrial Internet of things; distributed registry; digital economy; fog computing; monitoring and forecasting natural disasters and emergency situations.

Введение. Применяемые в настоящее время системы и методы мониторинга опасных явлений принадлежат различным ведомствам и организациям, потому становится актуальной разработка новых методов, которые позволят объединить уже существующие системы мониторинга, оповещения и прогнозирования наступления чрезвычайных ситуаций и сети мобильных операторов, базы данных медицинских учреждений, региональных научных учреждений, информацию из социальных сетей и т.д.

Согласно опубликованным в литературе данным, к недостаткам применяемых систем мониторинга опасных явлений можно отнести ограниченное число типов контролируемых параметров окружающей среды [1], как правило, метеоданных и данных гидрологического и биологического мониторинга [2] в виде накапливаемых баз данных за несколько месяцев и лет. Пока не разработаны методы и структура единой системы прогнозирования и оповещения об опасных явлениях,

которая объединяла бы данные о всех доступных параметрах окружающей среды, учитывала бы данные о физиологических параметрах людей, анализировала бы данные текстовых сообщений, видео и фотоматериалов пользователей социальных сетей и новостных агентств.

При построении такой системы возникают следующие задачи:

- ◆ взаимоувязка разнородных данных из разных источников (например, метеоданных и данных о физиологических параметрах человека в режиме реального времени, данных биологического и гидрологического мониторинга);
- ◆ верификация данных на всех уровнях системы (учитывая степень достоверности источника).

Для решения указанных задач авторами данной статьи ранее был предложен «комбинированный» метод организации систем мониторинга и прогнозирования опасных явлений [3], основным преимуществом которого является использование уже существующих в настоящее время информационных инфраструктур для возможности учета как можно большего числа разнородных первичных данных. В данной статье приведены данные патентного поиска, анализ первичных данных, а в части обработки, передачи и хранения данных рассмотрена возможность применения таких современных технологий как «туманные вычисления», промышленный интернет вещей и технология распределенного реестра для системы мониторинга и прогнозирования опасных явлений прибрежной зоны.

Обзор систем удаленного мониторинга. В рамках данной работы были определены основные тенденции в развитии различных систем удаленного мониторинга в режиме реального времени и на основании анализа публикаций в открытых источниках и патентного поиска.

В процессе анализа были систематизированы данные патентного поиска по базам данных РФ, США и ЕС [2-6]. Глубина поиска составила 5 лет за период 01.06.2012 – 31.05.2018 гг. Патентный поиск был проведен по РФ – по заявкам и патентам России (RUPATABRU, RUPAT (RUPAT_NEW) и RUPMAB), по США – по базе данных патентного ведомства США (USPTO), по ЕС – по патентной базе европейского патентного ведомства (Espacenet).

По результатам анализа были выделены следующие направления:

- ◆ мониторинг с применением облачной интеллектуальной платформы;
- ◆ мониторинг с осуществлением обработки данных на промежуточных мобильных устройствах (смартфонах, планшетах и т.п.);
- ◆ персональный мониторинг на основе интеллектуальных систем «Умный дом»;
- ◆ методы и средства передачи данных в системах медицинского мониторинга;
- ◆ техническое обеспечение, обслуживание и контроль качества систем мониторинга.

По результатам исследования можно сделать следующие выводы:

- ◆ понятие «туманные вычисления» в исследованных патентах не встречается, но присутствует косвенное описание применения его принципов, такое как использование конечных и промежуточных точек передачи данных (планшетов, смартфонов, интеллектуальных терминалов) для обработки данных и дальнейшей передачи их в облачную базу данных;
- ◆ в первую очередь рост активности патентования в области создания методов, систем и устройств осуществления мониторинга с применением концепций «облачных» и «туманных» вычислений наблюдается в таких странах, как Китай и США [4, 5];
- ◆ исследования, проводимые в России в данной области, находятся на начальном этапе;

♦ большая часть патентов рассматривает методы, системы и устройства удаленного мониторинга в режиме реального времени с использованием беспроводной связи [6, 7].

Обзор аппаратных средств мониторинга и прогнозирования опасных явлений. В рамках предлагаемого подхода в состав системы мониторинга и прогнозирования опасных явлений и обеспечения безопасности населения и береговой инфраструктуры прибрежных зон входят следующие устройства: оконечные устройства (датчики), промежуточные устройства, осуществляющие вычисления и анализ данных от датчиков, серверы для накопления данных мониторинга и их заключительной обработки. Задачей системы является анализ происходящих изменений состояния прибрежных и водных объектов, формирование рекомендаций по стабилизации состояния этих объектов и организации действий с целью обеспечения безопасности населения и береговой инфраструктуры в случае необходимости.

Оконечные устройства системы, которые собирают данные об окружающей (воздушной, водной, придонной) среде, могут быть представлены множеством разнородных датчиков и располагаться как в прибрежной зоне и зоне мелководья, так и на оборудовании в отдалении от берега, одежде виндсерферов, байдарочников, яхтсменов, буях, катерах морской охраны. Основным требованием ко всем типам датчиков системы мониторинга и прогнозирования опасных явлений в режиме реального является оснащение каждого датчика собственным модулем питания и возможность осуществления беспроводной связи с промежуточными устройствами системы.

Первичные данные от различных типов датчиков могут быть разделены на данные, которые измеряются в режиме реального времени, и на данные, которые накапливаются в течение заданных временных промежутков.

Так, в режиме реального времени должны поступать данные от метеорологических датчиков, анемометров, датчиков солености воды и т.д. При этом для воздушной среды измеряются температура воздуха, атмосферное давление, направление и скорость ветра, облачность, осадки и др. Для водной среды измеряются глубина, температура воды, соленость, pH, давление, растворенный кислород, состав исследуемого слоя воды, приливы и отливы, волновые данные (высота волны, направление, скорость и кинетическая энергия волны и др.). В придонном слое измеряются данные о глубине, температуре придонного слоя воды, солености в придонном слое, pH, давлении, растворенном кислороде в придонном слое, составе воды придонного слоя.

К данным, не измеряемым в режиме реального времени, можно отнести, например, данные биологического мониторинга, предполагающего качественное и количественное определение зоо- и фито-планктона, бактерий, грибов и определение состава придонных сообществ [1] и пр., и данные о состоянии окружающей среды, полученные в результате анализа открытых данных из соцсетей (фото, видео, сообщения).

Отдельным типом оконечных устройств системы мониторинга опасных явлений являются беспилотные летательные аппараты (БПЛА) с интеллектуальными датчиками или анализаторами на борту с возможностями фото и видеосъемки, данные от которых также поступают на промежуточные устройства системы мониторинга. Датчики на БПЛА могут быть оборудованы гироскопом, компасом, часами или другим устройством контроля времени, GPS и высотомером и передавать координаты широты и долготы, данные о времени. Исходными данными для гидрологического мониторинга являются фотографии, полученные БПЛА, результаты измерений в реперных точках во время научных экспедиций, анализ снимков со спутников LANDSAT, GoogleEarth, анализ карт мелководья и абразии берегов.

Применение технологий цифровой экономики в системе мониторинга и прогнозирования опасных явлений. Одной из функций системы мониторинга и прогнозирования опасных явлений в прибрежной зоне является сбор и последующая обработка разнородных первичных данных, включая их взаимоувязку. В частности, необходимо одновременно осуществлять сбор, передачу и обработку метеорологических данных и данных гидрологического и биологического мониторинга, а также данных о физиологических параметрах людей, находящихся в прибрежной зоне, о состоянии жилого фонда вблизи береговой зоны, о местоположении водного транспорта, о проведенных мерах по обеспечению устойчивости берегов [8].

Для обработки таких больших и неструктурированных объемов информации требуется разработка новых методов обработки информации с применением современных цифровых технологий, таких как «туманные вычисления», промышленный интернет вещей и технология распределенного реестра (для верификации пользователей, которые сообщают информацию о возникновении опасных явлений).

В рамках рассматриваемой системы технология распределенного реестра позволяет реализовать базу данных, открытую любому участнику и хранящуюся на собственных вычислительных устройствах каждого участника [9]. Полная история изменений данных при этом хранится у каждого участника системы мониторинга и прогнозирования опасных явлений и защищается от изменений криптографическими механизмами, то есть, подписанный электронной подписью реестр с информацией и историей изменений информации, которая не является секретной или конфиденциальной, размещен в большом количестве идентичных копий. Преимуществом данной технологии является невозможность подделки или изменения первичных данных каждым из участников и все операции по обработке и хранению разнородных исходных данных мониторинга опасных явлений внутри сети регистрируются и обрабатываются без участия стороннего провайдера [6].

В настоящее время большинство информационных систем строится на базе сетевых технологий для организации информационного обмена (Ethernet, CAN, ZigBee, WiFi), технологий изготовления сенсорных устройств, технологий обработки больших объемов данных («облачные» и «туманные» технологии, сервис-ориентированная архитектура, технологии обеспечения обработки в реальном времени). Подобные системы имеют иерархическую структуру (уровень сенсоров для сбора информации, уровень контроллеров для первичной обработки, уровень серверов приложений, уровень автоматизированных рабочих мест). Для подобных систем характерна централизованная обработка данных и централизованное управление. Но, несмотря на простоту организации централизованной системы, в ней возникают сложности с обеспечением оперативной реакции на события вследствие латентности при передаче данных, требуется соответствующее резервирование центральных элементов, отказ которых может привести к отказу системы в целом, что снижает ее надежность. Отсутствует возможность масштабирования, так как через каналы связи с ограниченной пропускной способностью можно обрабатывать только ограниченное количество данных от ограниченного количества источников. Решить указанные проблемы можно если построить систему на базе принципов децентрализованного управления [3, 10]. Для решения данной задачи может быть использована технология «туманных» вычислений (перенос вычислительной нагрузки к краю системы с целью снижения нагрузки на сеть и уменьшения времени реакции на события) [11–22].

При наступлении неблагоприятных условий различные типы данных о состоянии окружающей среды, информационные сообщения пользователей и размещаемые ими фотографии в социальных сетях, а также данные о физиологических параметрах населения прибрежной зоны взаимоувязываются между собой на уровне «тумана», как показано на рис. 1.

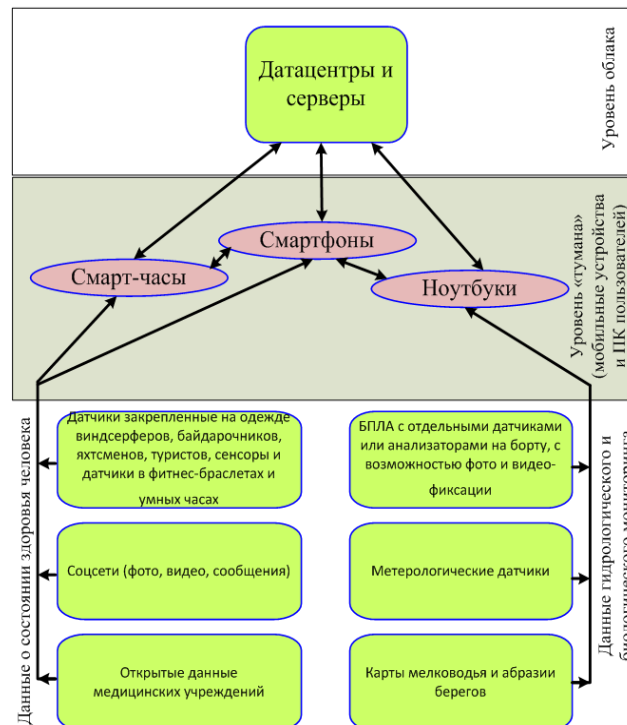


Рис. 1. Применение «туманных и облачных вычислений» и сбор исходных данных в системе мониторинга и прогнозирования опасных явлений

Проиллюстрируем вышесказанное на примере сбора и обработки данных о физиологических параметрах человека, т.к. технологии туманных вычислений широко применяются в медицинских системах удаленного мониторинга. Первично измеренные данные от датчиков должны направляться на мобильные вычислительные устройства волонтеров и дублироваться на сервере обработки данных на регулярной основе, но не реже чем раз в несколько часов. Сбор данных должен выполняться круглосуточно. Устройства мониторинга различных физиологических параметров человека могут представлять собой, например, современные фитнес-браслеты (фитнес-часы), что позволит определить такие физиологические параметры как частота сердечных сокращений, пульс, скорость движения человека, а также его местоположение GPS. Эти устройства обычно применяются для оценки физического состояния, к примеру, эффективности выполнения упражнений, но их также можно использовать также и в системе мониторинга опасных явлений [5]. Датчик или комплекс датчиков может быть закреплен в виде браслета на запястье, под головным убором, на элементах купального костюма и обуви любого активно отдыхающего в прибрежной зоне волонтера, например, серфера, байдарочника, пловца, а также на оборудовании для отдыха в прибрежных водах (досках для серфинга, байдарках). На уровне системы измеренные данные о текущем состоянии физиологических параметров населения взаимосвязываются с данными от метеодатчиков и данными анализа сообщений, видео и фотографий пользователей в социальных сетях.

Система диагностирует возникновение опасной ситуации в автоматическом режиме, если обнаружено, что метеоанализы вышли за границы нормы, и поступившие одновременно данных о физиологических параметрах нескольких десят-

ков человек значительно отклоняются от среднестатистических параметров. В таком случае автоматически формируется предупреждение о возможном возникновении опасной ситуации, которое отправляется на служебные мобильные устройства уполномоченных экспертов в региональные подразделения МЧС, полиции и администрации населенного пункта, вблизи которого зафиксировано возникновение опасного явления. Затем данные о физиологических параметрах населения вблизи береговой зоны и данные анализа сообщений из социальных сетей, которые уже ранее были автоматически проанализированы и сопоставлены в режиме реального времени, сопоставляются уполномоченными экспертами с более долгосрочными данными биологического и гидрологического мониторинга. Другими словами, система мониторинга опасных явлений в полуавтоматическом режиме классифицирует тип опасного явления и предсказывает уровень опасности и предполагаемый сценарий развития опасного явления в береговой зоне, например, скорость и площадь зон подтопления, абразии и т.п.

Заключение. Сопоставление различных типов данных, таких как физиологические параметры людей, проживающих или находящихся в прибрежной зоне, информации из социальных сетей, метеорологических измерений в режиме реального времени с данными гидрологического и биологического мониторинга позволяет идентифицировать возникновение опасного явления в краткие сроки.

Наиболее перспективными методами организации сбора и обработки данных в рамках системы мониторинга и прогнозирования опасных явлений являются технологии «туманных вычислений», промышленного интернета вещей и распределенного реестра (для верификации всех участников системы, которые сообщают информацию о возникновении опасных явлений).

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Современные системы мониторинга и прогнозирования чрезвычайных ситуаций / под общ. ред. В.А. Пучкова. – М.: ФКУ ЦСИ ГЗ МЧС России, 2013. – 352 с.
2. Бирюкова С.В., Булышева Н.И., Савинкин А.И., Семин В.Л. Донные сообщества Таганрогского залива летом 2017 г. // Материалы научных мероприятий, приуроченных к 15-летию Южного научного центра Российской академии наук: Международного научного форума "Достижения академической науки на юге России"; Международной молодежной научной конференции "Океанология в 21 веке: современные факты, модели, методы и средства" памяти члена-корреспондента РАН Д.Г. Матишова; Всероссийской научной конференции «Аквакультура: мировой опыт и Российские разработки». – Ростов-на-Дону: Южный научный центр РАН, 2017. – С. 299-301.
3. Мельник Э.В., Иванов Д.Я., Родина А.А., Орда-Жигулина Д.В. Комбинированный подход к построению средств мониторинга и прогнозирования опасных процессов // Известия ТулГУ. Технические науки. – 2018. – № 9. – С. 97-107.
4. Заявка 20180011973, США, An integrated mobile personal electronic device and a system to securely store, measure and manage users health data / заявитель Fish, Gila (Mevasseret Zion, IL), патентообладатель OS - NEW HORIZONS PERSONAL COMPUTING SOLUTIONS LTD. (Lod, IL), опубл. 11.01.2018. – URL:<http://www.freepatentsonline.com/y2018/0011973.html> (дата обращения: 22.10.2018 г.).
5. Пат. CN203275358, Китай, Mobile-phone system for testing blood sugar / заявитель Ding Zhiguo, патентообладатель TIANJIN SHIDAI YINUO SCIENCE & TECHNOLOGY CO LTD, опубл. 06.11.2013. – URL: https://worldwide.espacenet.com/publicationDetails/biblio?DB=EPODOC&II=0&ND=3&adjacent=true&locale=en_EP&FT=D&date=20131106&CC=CN&NR=203275358U&KC=U# (дата обращения 22.10.2018)
6. Пат. 9460596, США, Portable wireless remote monitoring and control systems /заявитель и патентообладатель Thomas Lawrence (Greenville, SC), US, опубл. 04.10.2016. – URL: <http://patft.uspto.gov/netacgi/nph-Parser?Sect1=PTO2&Sect2=HITOFF&u=%2Fnetacgi%2FPTO%2Fsearch-adv.htm&r=4&p=1&f=G&l=50&d=PTXT&S1=9460596&OS=9460596&RS=9460596> (дата обращения 22.10.2018).

7. Пат. 9014983, США, Platform, systems, and methods for obtaining shore and near shore environmental data via crowdsourced sensor network / заявитель Michael G. (Solana Beach, CA), патентообладатель Blue Tribe, Inc (Solana Beach, CA, US), опубл. 21.04.2015. – URL: <http://patft.uspto.gov/netacgi/nph-Parser?Sect1=PTO2&Sect2=HITOFF&u=%2Fnethtml%2FPTO%2Fsearch-adv.htm&r=5&p=1&f=G&l=50&d=PTXT&S1=9014983&OS=9014983&RS=9014983> (дата обращения 22.10.2018).
8. *Матишов Г.Г., Чикин А.Л., Бердников С.В., Швердяев И.В., Клецников А.В., Кириллова Е.Э.* Экстремальное затопление дельты Дона весной 2013 г: хронология, условия формирования и последствия // Вестник Южного научного центра РАН. – 2014. – Т. 10, № 1. – С. 17-24.
9. *Намиот Д.Е., Покусаев О.Н., Куприяновский В.П., Акимов А.В.* Приложения блокчейн на транспорте // International Journal of Open Information Technologies. – 2017. – Т.5, № 12. – С. 130-134.
10. *Каляев И.А., Мельник Э.В.* Метод мультиагентного распределения ресурсов в интеллектуальных многопроцессорных вычислительных системах // Вестник ЮНЦ РАН. – 2007. – № 12. – С. 40-50.
11. *Саламатов И.А.* Локализация данных за счет использования облачно-туманных технологий // Вестник Волжского университета им. В.Н. Татищева. – 2015. – № 1 (23). – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/lokalizatsiya-dannyh-za-schet-ispolzovaniya-oblachno-tumannyh-tehnologiy> (дата обращения 05.10.18).
12. *Каляев И.А., Мельник Э.В.* Децентрализованные системы компьютерного управления: монография. – Ростов-на-Дону: Изд-во ЮНЦ РАН, 2011. – 196 с.
13. *Каляев А.И., Каляев И.А.* Метод децентрализованного управления распределенной системой при выполнении потока заданий // Мехатроника, автоматизация, управление. – 2015. – № 9. – Т. 16. – С. 585-598.
14. *YiS. et al.* Fog computing: Platform and applications // Proc. – 3rd Work. Hot Top. Web Syst. Technol. HotWeb 2015, 2016. – P. 73-78.
15. *Stojmenovic S. Wen.* The Fog Computing Paradigm: Scenarios and Security Issues // Proc. 2014 Fed. Conf. Comput. Sci. Inf. Syst. – 2014. – Vol. 2. – P. 1-8.
16. *Hosseinpour F., Westerlund T., Meng Y.* A Review on Fog Computing Systems // Int. J. Adv. Comput. Technol. HannuTenhunen. – 2016. – Vol. 8 (5). – P. 48-61.
17. Технологии распределенного реестра данных. Walport. – М., 2015.
18. *Kuo T.T., Kim H.E.* Distributed ledger technology: Beyond block chain. Government Office for Science, Ohno-Machado, L., 2017. – P. 1-88.
19. *Wu H., Li Z., King B., Miled Z., Wassick J.* Blockchain distributed ledger technologies for biomedical and health care applications // Journal of the American Medical Informatics Association, Tazelaar, J. – 2017.
20. *Bonomi F. et al.* Fog Computing and Its Role in the Internet of Things // Proc. first Ed. MCC Work. Mob. Cloud Comput. – 2012. – P. 13-16.
21. *Atzori L., Iera A., Morabito G.* The internet of things: A survey // Comput. networks. Elsevier. – 2010. – Vol. 54, No. 15. – P. 2787-2805.
22. *Каляев И.А., Гайдук А.Р., Капустян С.Г.* Самоорганизация в мультиагентных системах // Известия ЮФУ. Технические науки. – 2010. – № 3 (104). – С. 14-20.

REFERENCES

1. *Sovremennye sistemy monitoringa i prognozirovaniya chrezvychaynykh situatsiy* [Modern systems of emergency situations monitoring and forecasting], under the General ed. V.A. Puchkova. Moscow: FKU TSSI GZ MCHS Rossii, 2013, 352 p.
2. *Biryukova S.V., Bulysheva N.I., Savinkin A.I., Semin V.L.* Donnye soobshchestva Taganrogskogo zaliva letom 2017 g. [Bottom community of the Gulf of Taganrog in the summer of 2017], *Materialy nauchnykh meropriyatiy, priurochennykh k 15-letiyu YUzhnogo nauchnogo tsentra Rossiyskoy akademii nauk: Mezhdunarodnogo nauchnogo foruma "Dostizheniya akademicheskoy nauki na yuge Rossii"; Mezhdunarodnoy molodezhnoy nauchnoy konferentsii "Okeanologiya v 21 veke: sovremennye fakty, modeli, metody i sredstva" pamyati chlena-korrespondenta ran D.G. Matishova; Vserossiyskoy nauchnoy konferentsii «Akvakul'tura: mirovoy opyt i Rossiyskie razrabotki»* [Materials of scientific events dedicated to the 15th anniversary of the southern scientific center of the Russian Acad-

- emy of Sciences: International scientific forum "Achievements of academic science in the South of Russia"; international youth scientific conference "Oceanology in the 21st century: modern facts, models, methods and tools" in memory of corresponding member of RAS D.G. Matishov; all-Russian scientific conference "Aquaculture: world experience and Russian developments". Rostov-on-Don: Yuzhnyy nauchnyy tsentr RAN, 2017, pp. 299-301.
3. *Mel'nik E.V., Ivanov D.Ya., Rodina A.A., Orda-Zhigulina D.V.* Kombinirovannyi podkhod k postroeniyu sredstv monitoringa i prognozirovaniya opasnykh protsessov [Combined approach to the construction of monitoring and forecasting of hazardous processes], *Izvestiya TulGU. Tekhnicheskie nauki* [Izvestiya Tula State University], 2018, No. 9, pp. 97-107.
 4. Application 20180011973, USA, An integrated mobile personal electronic device and a system to securely store, measure and manage users health data, applicant Fish, Gila (Mevasseret Zion, IL), patentee OS - NEW HORIZONS PERSONAL COMPUTING SOLUTIONS LTD. (Lod, IL), published 11.01.2018. Available at: <http://www.freepatentsonline.com/y2018/0011973.html> (accessed 22 October 2018).
 5. Patent CN203275358, China, Mobile-phone system for testing blood sugar, applicant Ding Zhiguo, patentee TIANJIN SHIDAI YINUO SCIENCE & TECHNOLOGY CO LTD, published 06.11.2013. Available at: https://worldwide.espacenet.com/publicationDetails/biblio?DB=EPODOC&II=0&ND=3&adjacent=true&locale=en_EP&FT=D&date=20131106&CC=CN&NR=203275358U&KC=U# (accessed 22. October 2018).
 6. Patent 9460596, USA, Portable wireless remote monitoring and control systems, applicant and patentee Thomas Lawrence (Greenville, SC), US, published 04.10.2016. Available at: <http://patft.uspto.gov/netacgi/nph-Parser?Sect1=PTO2&Sect2=HITOFF&u=%2Fmetahtml%2FPTO%2Fsearch-adv.htm&r=4&p=1&f=G&l=50&d=PTXT&S1=9460596&OS=9460596> (accessed 22 October 2018).
 7. Patent 9014983, CIIIA, Platform, systems, and methods for obtaining shore and near shore environmental data via crowdsourced sensor network, applicant Michael G. (Solana Beach, CA), patentee Blue Tribe, Inc (Solana Beach, CA, US), published 21.04.2015. Available at: <http://patft.uspto.gov/netacgi/nph-Parser?Sect1=PTO2&Sect2=HITOFF&u=%2Fmetahtml%2FPTO%2Fsearch-adv.htm&r=5&p=1&f=G&l=50&d=PTXT&S1=9014983&OS=9014983> (accessed 22 October 2018).
 8. *Matishov G.G., Chikin A.L., Berdnikov S.V., Sheverdyayev I.V., Kleshchenkov A.V., Kirillova E.E.* Ekstremal'noe zatoplenie del'ty Dona vesnoy 2013 g: khronologiya, usloviya formirovaniya i posledstviya [Extreme flooding of the don Delta in the spring of 2013: chronology, conditions of formation and implications], *Vestnik Yuzhnogo nauchnogo tsentra RAN* [Bulletin of the southern scientific center RAS], 2014, Vol. 10, No. 1, pp. 17-24.
 9. *Namiot D.E., Pokusaev O.N., Kupriyanovskiy V.P., Akimov A.V.* Prilozheniya blokcheyn na transporte [Applications blockchain transport], *International Journal of Open Information Technologies*, 2017, Vol. 5, No. 12, pp. 130-134.
 10. *Kalyaev I.A., Mel'nik E.V.* Metod mul'tiagentnogo raspredeleniya resursov v intellektual'nykh mnogoprotseornykh vychislitel'nykh sistemakh [Method of multi-agent resource allocation in intelligent multiprocessor computing systems], *Vestnik YuNTS RAN* [Bulletin of southern scientific center of RAS], 2007, No. 12, pp. 40-50.
 11. *Salamatov I.A.* Lokalizatsiya dannykh za schet ispol'zovaniya oblachno-tumannyykh tekhnologiy [Data localization through the use of cloud-foggy technologies], *Vestnik Volzhskogo universiteta im. V.N. Tatishcheva* [Bulletin of the Volga region University. V.N. Tatishcheva], 2015, No. 1 (23). Available at: <https://cyberleninka.ru/article/n/lokalizatsiya-dannykh-za-schet-ispolzovaniya-oblachno-tumannyyh-tehnologiy> (accessed 05 October 2018).
 12. *Kalyaev I.A., Mel'nik E.V.* Detsentralizovannyye sistemy komp'yuternogo upravleniya: monografiya [Decentralized computer control systems: monograph]. Rostov-on-Don: Izd-vo YuNTS RAN, 2011, 196 p.
 13. *Kalyaev A.I., Kalyaev I.A.* Metod detsentralizovannogo upravleniya raspredelennoy sistemoy pri vypolnenii potoka zadaniy [The method of decentralized control of a distributed system in the flow of task], *Mekhatronika, avtomatizatsiya, upravlenie* [Mechatronics, automation, control], 2015, No. 9, Vol. 16, pp. 585-598.
 14. *YiS. et al.* Fog computing: Platform and applications, *Proc. 3rd Work. Hot Top. Web Syst. Technol. HotWeb 2015, 2016*, pp. 73-78.
 15. *Stojmenovic S. Wen.* The Fog Computing Paradigm: Scenarios and Security Issues, *Proc. 2014 Fed. Conf. Comput. Sci. Inf. Syst.*, 2014, Vol. 2, pp. 1-8.

16. *Hosseinpour F., Westerlund T., Meng Y.* A Review on Fog Computing Systems, *Int. J. Adv. Comput. Technol. HannuTenhunen*, 2016, Vol. 8 (5), pp. 48-61.
17. *Tekhnologii raspredelenogo reestra dannykh.* Walport [Technologies of the distributed registry data. Walport]. Moscow, 2015.
18. *Kuo T.T., Kim H.E.* Distributed ledger technology: Beyond block chain. Government Office for Science, Ohno-Machado, L., 2017, pp. 1-88.
19. *Wu H., Li Z., King B., Miled Z., Wassick J.* Blockchain distributed ledger technologies for biomedical and health care applications, *Journal of the American Medical Informatics Association, Tazelaar, J.*, 2017.
20. *Bonomi F. et al.* Fog Computing and Its Role in the Internet of Thing, *Proc. first Ed. MCC Work. Mob. Cloud Comput.*, 2012, pp. 13-16.
21. *Atzori L., Iera A., Morabito G.* The internet of things: A survey, *Comput. networks. Elsevier*, 2010, Vol. 54, No. 15, pp. 2787-2805.
22. *Kalyaev I.A., Gayduk A.R., Kapustyan S.G.* Samoorganizatsiya v mul'tiagentnykh sistemakh [Self-organization in multi-agent systems], *Izvestiya YuFU. Tekhnicheskie nauki [Izvestiya SFedU. Engineering Sciences]*, 2010, No. 3 (104), pp. 14-20.

Статью рекомендовал к опубликованию д.т.н. М.В. Бобырь.

Мельник Эдуард Всеволодович – Южный научный центр Российской академии наук; e-mail: evm17@mail.ru, 344006, г. Ростов-на-Дону, пр. Чехова, 41; тел.: 88634477402; д.т.н.; г.н.с.

Орда-Жигулина Марина Владимировна – e-mail: jgulina@mail.ru; тел.: 88634477402; к.т.н.; н.с.

Родина Арина Алексеевна – e-mail: ar.rodina@mail.ru; тел.: 88634477402; инженер-исследователь.

Орда-Жигулина Дина Владимировна – e-mail: dinazhigulina@mail.ru; тел.: 88634477402; м.н.с.

Иванов Донат Яковлевич – Южный федеральный университет; e-mail: donat.ivanov@gmail.com; 344006, г. Ростов-на-Дону, ул. Большая Садовая, 105/42; к.т.н.; с.н.с.

Melnik Eduard Vsevolodovich – Southern Scientific Center of the Russian Academy of Sciences; e-mail: evm17@mail.ru, 344006, Rostov-on-Don, pr. Chehova, 41; phone: +78634477402; dr. of eng. sc.; main researcher.

Orda-Zhigulina Marina Vladimirovna – e-mail: jgulina@mail.ru; phone: +78634477402; cand. of eng. sc.; researcher.

Rodina Arina Alekseevna – e-mail: ar.rodina@mail.ru; phone: +78634477402; research engineer.

Orda-Zhigulina Dina Vladimirovna – e-mail: dinazhigulina@mail.ru; phone: +78634477402; junior researcher.

Ivanov Donat Yakovlevich – Southern Federal University; e-mail: donat.ivanov@gmail.com; 344006, Rostov-on-Don, Bolshaya Sadovaya street, 105/42; cand. of eng. sc.; senior researcher.