

УДК 681.5

А.В. Кычкин, Я.И. Квитко

Пермский национальный исследовательский политехнический университет,
Пермь, Россия

АРХИТЕКТУРНО-ФУНКЦИОНАЛЬНАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ ИНФОРМАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ БОЛЬШИМИ ДАНЫМИ В ПРОМЫШЛЕННОСТИ И ЭНЕРГЕТИКЕ

В статье рассматриваются основные стандарты, направления, технологии и методы для работы с большим объемом информации («Big Data» – большие данные), свойственным современным киберфизическим системам. Такие системы популярны за рубежом и отличаются широкомасштабным использованием сенсоров и средств вычислительной техники при сборе, обработке, анализе информации и управлении производствами, энергосистемами, городской инфраструктурой. Конгломерат измерительных и управляющих цифровых устройств, находящихся в одной единой сети, предоставляет возможности по управлению объектами с учетом ряда укрупненных критериев, включая безопасность, комфорт, энергосбережение. Глобальное с точки зрения масштаба системы управление эффективно для крупных, распределенных, технически сложных систем, а также систем, находящихся в сложоструктурируемых связях между собой и окружающим миром. Компьютеризация различных областей антропогенной деятельности приводит к росту загрузки сетей передачи данных и процессорных узлов, повышаются требования к составу аналитических функций. На основании проведенного обзора основных институтов по работе со стандартами, основными направлениями использования и поставщиками инфраструктуры больших данных предложена архитектурно-функциональная организация информационной системы, применимой в условиях промышленных и энергетических систем.

Ключевые слова: большие данные, киберфизическая система, аналитика, Интернет вещей, архитектура информационной системы.

A.V. Kychkin, Ya.I. Kvitko

Perm National Research Polytechnic University, Perm, Russian Federation

ARCHITECTURAL AND TECHNOLOGICAL ORGANIZATION OF THE INFORMATION SYSTEM FOR MANAGING LARGE DATA IN INDUSTRY AND ENERGY

In article considers the main standards, directions, technologies and methods for working with a large amount of information ("Big Data" – large data) inherent in modern cyberphysical systems. Such systems are popular abroad and are characterized by large-scale use of sensors and computer facilities in the collection, processing, analysis of information and management of production, energy systems, urban infrastructure. A conglomerate of measuring and control digital devices located in the same unified network provides facilities for managing objects taking into account a number of enlarged criteria,

including safety, comfort, and energy saving. Global in terms of system scale management is effective for large, distributed, technically complex systems, as well as systems in no-structured connections between themselves and the world around them. Computerization of various areas of anthropogenic activity leads to an increase in the load of data transmission networks and processor nodes, the requirements to the composition of analytical functions are increased. Based on the review of the main institutions for working with standards, the main directions of use and providers of large data infrastructure, the architectural and technological implementation of the information system was proposed. Recommendations for its implementation using modern information technologies are given.

Keywords: big data, cyberphysical system, analytics, Internet of Things (IoT), Information System Architecture.

Введение. В современном мире тенденция роста объемов информации наблюдается на протяжении нескольких десятилетий. Внедрение цифровых технологий [1] в отрасли экономики, традиционно считающиеся нецифровыми, приводит к резкой загрузке имеющихся вычислительных мощностей и самих каналов передачи информации. По оценкам специалистов ведущих ИТ-компаний, в течение суток создается около 10^{18} байт данных, что многократно превышает объем всей накопленной человеком информации до XXI века. Так, результаты исследований CNews Analytics и Oracle показывают, что на 2014 г. в России было накоплено $155 \cdot 10^{18}$ байт информации, что составило 1,8 % от мировых данных, а к 2020 г. прогнозируется, что объем информации достигнет $980 \cdot 10^{18}$ байт и займет 2,2 %. Таким образом, средний темп роста объема информации в России составляет 36 % в год.

Большие данные – это набор подходов, методов обработки и инструментов для обработки объемов структурированной и неструктурированной информации, отличающихся многообразием и возможностью передачи скрытых причинно-следственных связей [2–8]. На сегодняшний день основной целью использования больших данных в промышленности и энергетике является повышение эффективности работы сложных и распределенных систем на основе широкомасштабного учета потребления ресурсов, мониторинга технического состояния оборудования и узлов, выявления неисправностей, контроля качества энергии, оптимизации расходов, улучшения точности прогнозирования режимов работы, минимизации рисков компаний и др. Основные направления больших данных представлены на рис. 1.

Общая интенсификация информационных потоков обуславливает появление новых информационных систем управления для различных секторов экономики, включая промышленность, энергетику, городское хозяйство, инфраструктуру и др. Существующие информационные

технологии хранения и обработки данных, ориентированные на медленно растущие объемы, нуждаются в развитии. Актуальны проблемы создания гибких и масштабируемых архитектур информационных систем, осуществляющих сбор, систематизацию, визуализацию, анализ и принятие решений в условиях больших объемов информации (больших данных) и их непрерывного роста [9, 10].

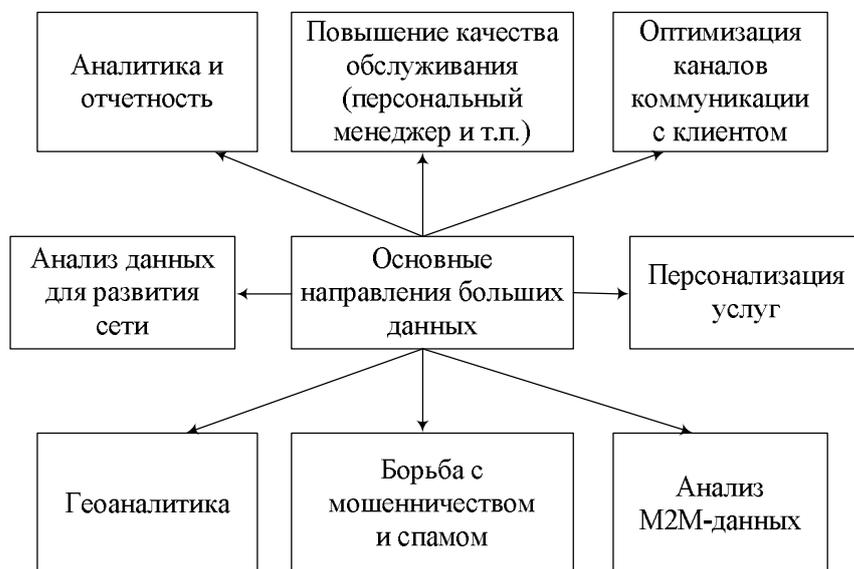


Рис. 1. Основные направления больших данных

1. Стандарты в области больших данных. Над стандартами в области больших данных работают крупные институты, а именно: Международная организация по стандартизации и Международная электротехническая комиссия (ISO/IEC), Международный союз электросвязи (ITU), Британский институт стандартов (BSI), Национальный институт стандартов и технологий (NIST). Международной организацией по стандартизации и Международной электротехнической комиссией (ИСО/МЭК) были созданы 3 рабочие группы, которые ориентированы на стандартизацию технологий [11–17]:

- 1) больших данных (ISO/IEC JTC1/WG 9 «Big data»);
- 2) интернет-вещей (ISO/IEC JTC1/WG 10 «Internet of Things»);
- 3) умных городов (ISO/IEC JTC1/WG 11 «Smart Cities»).

На рис. 2 представлены области активности больших данных, которые отмечаются в ITU [14].

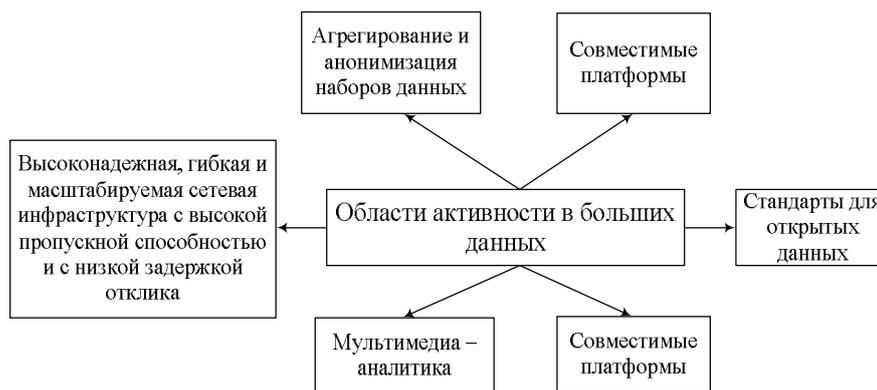


Рис. 2. Области активности больших данных

NIST предлагает более проработанный Фреймворк по большим данным. NIST Big Data Interoperability Framework V1.0 включает в себя компоненты, которые представлены на рис. 3 [17].

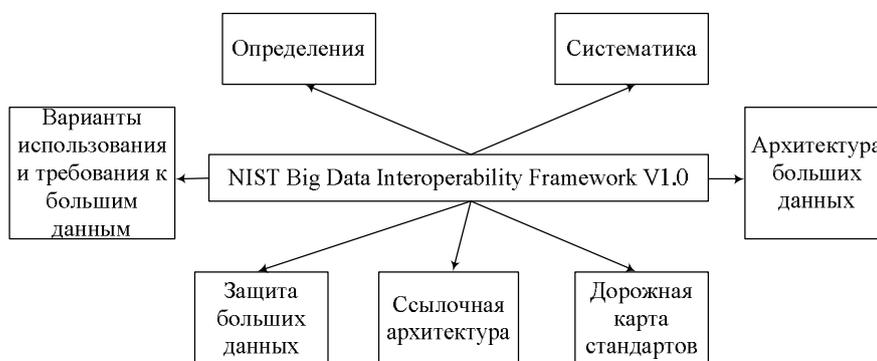


Рис. 3. Компоненты NIST Big Data Interoperability Framework V1.0

В документе «Систематика» больших данных представляется готовая базовая модель [16] (рис. 4).

2. Аналитика рынка больших данных и ИТ-продуктов. На рынке больших данных активно ведут себя как крупные ИТ-предприятия, такие как IBM, HP, DELL. Также известны новые компании, например: Neo Technology, Sumo Logic, Cloudera и др. Несмотря на то, что доходы крупных разработчиков программных продуктов от больших данных занимают всего 1 %, их доля на рынке в 2016 г. была высока. Это подтверждается исследованием UMBEL, в соответствии с которым 46 % компаний инвестируют в услуги, 41 % – в ПО, 13 % – в аппаратное обеспечение [18].

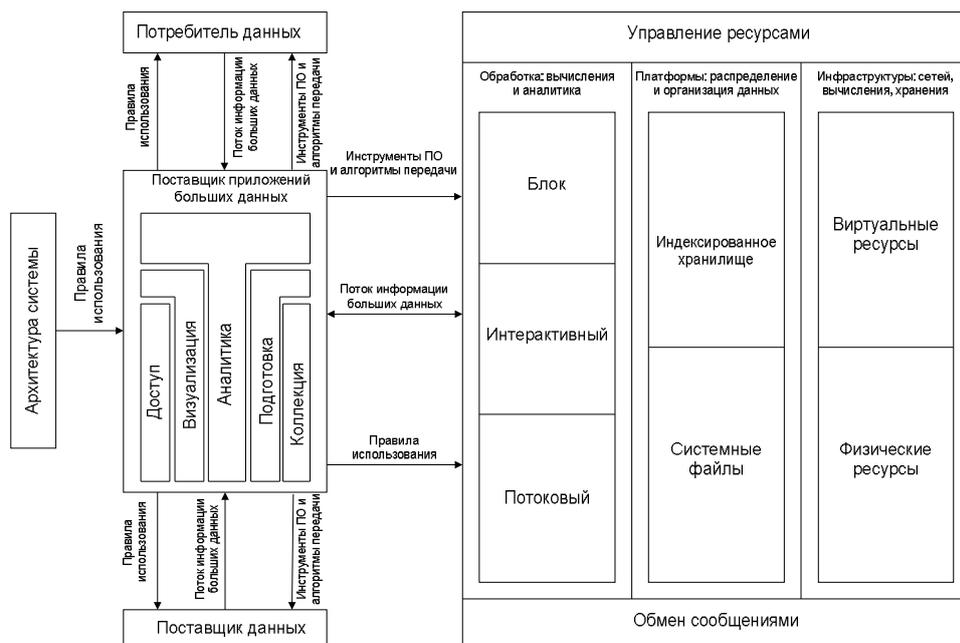


Рис. 4. Ссылочная модель от NIST

Основными поставщиками услуг и ПО для работы с большими данными являются: SAP, Oracle, IBM, Microsoft, Teradata, Pivotal (EMC), SAS, HP Vertica, Cloudera, Google, Amazon Wed Service. Они занимаются продажей специализированных СУБД и сопутствующего аналитического программного обеспечения. Из-за того, что внедрение этих продуктов требует высокой квалификации сотрудников, многие компании предпочитают использовать внешних системных интеграторов и IT-консультантов.

Компания IDC оценивает российский рынок больших данных в 340 млн \$, из них 100 млн \$ составляют решения SAP, а остальные 240 млн \$ составляют аналогичные решения Oracle, IBM, SAS, SAP, Microsoft и др. Так, например, Oracle, начиная с 2015 г., активно внедряет программно-аппаратный комплекс Oracle Big Data Appliance X5, который успешно интегрирован в FORS Solution Center, предназначенный для обучения новым технологиям и создания пилотных проектов в России.

На рис. 5 показаны сферы применения больших данных в промышленности и энергетике. Самым большим является клиентский

сервис, а самая малая доля приходится на риск-менеджмент. На рис. 6 приведено распределение сегментов рынка больших данных. Видно, что ключевую долю рынка больших данных занимают сервисные услуги.

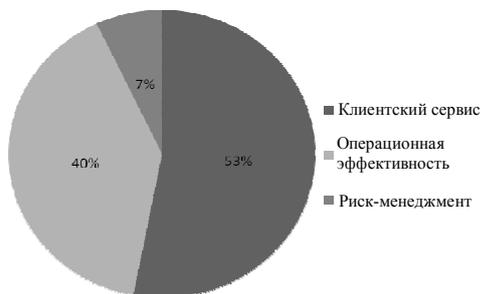


Рис. 5. Сферы применения

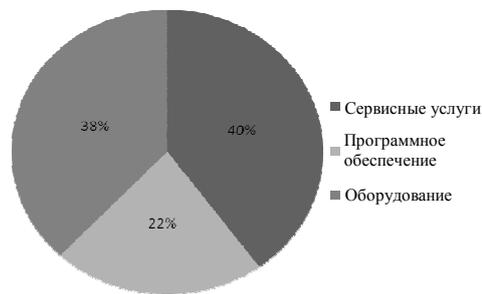


Рис. 6. Объем рынка больших данных

До 2020 г. в России планируется рост числа приложений, работающих с большими данными, в энергетике, госсекторе, логистических компаниях, добывающей промышленности, но большой популярности эти технологии пользуются в банковской сфере и телекоммуникациях. По данным CNews на 2015 г. большие данные в России внедряли 24 банка, 8 компаний операторов услуг связи. Например, компания «Мегафон» запустила сервис для анализа пассажирских перевозок, который позволяет транспортным компаниям с точностью до нескольких минут анализировать пассажирский поток и подсчитать число постоянных пассажиров на любом виде транспорта. При этом доступна статистика, что большие данные используют всего 2 промышленных компании, 2 компании нефтегазовой отрасли, 1 компания, специализирующаяся на деятельности в отрасли энергетики и ЖКХ.

Технологии больших данных применяются при добыче полезных ископаемых для анализа качества сырья и самих технологических процессов, оценки способов извлечения, отслеживания процесса бурения. Большие данные также используется транспортными компаниями для мониторинга парка автомобилей, учета потребления топлива, обработки заявок клиентов. Так, например, после внедрения технологий больших данных на базе продуктов SAP в компании РЖД сократились сроки подготовки отчетности в 43,5 раза (с 14,5 ч до 20 мин), повысилась точность распределения затрат в 40 раз. Большие данные внедрены в процессы планирования и тарифного регулирования [19].

На рис. 7 показано, как влияет увеличение анализируемых данных на различные процессы, протекающие на предприятии: самое большое влияние результатов анализа оказано на координацию действий подразделения. На рис. 8 представлены источники данных.

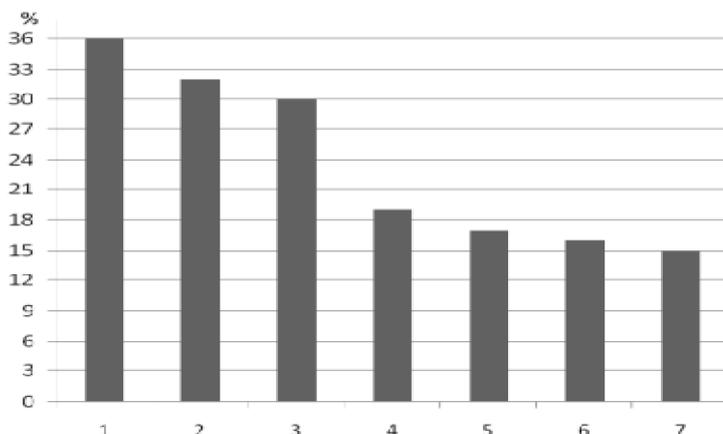


Рис. 7. Результаты анализа больших данных: 1 – оперативная координация действий подразделений, 2 – точное прогнозирование потребностей, 3 – прогнозирование энергопотребления, 4 – прозрачность информации, 5 – оценка удовлетворенности персонала, 6 – снижение издержек, 7 – формирование новых сервисов

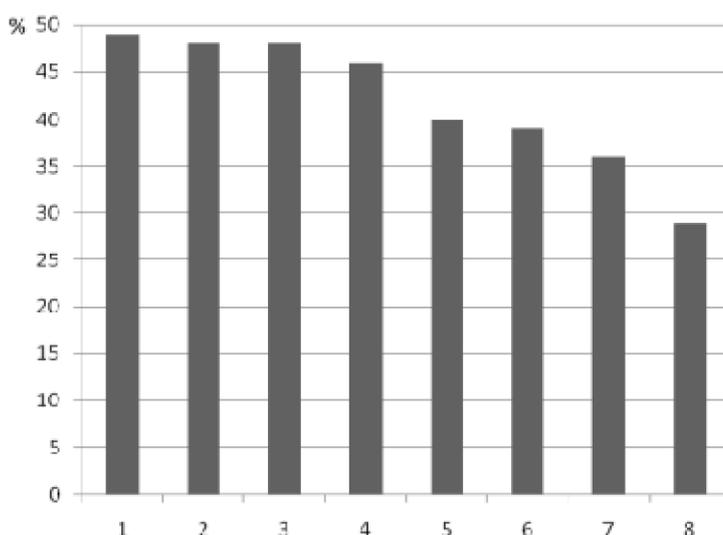


Рис. 8. Источники данные: 1 – мобильные устройства и приложения, 2 – Интернет, 3 – веб-аналитика, 4 – электронная почта, 5 – IoT-счетчики и контроллеры, 6 – системы геопозиционирования, 7 – датчики RFID, 8 – цифровые сенсоры

Несмотря на значительные преимущества использования больших данных при внедрении в промышленности и энергетике, возникают следующие проблемы:

- ограниченное число поставщиков данных;
- недостаточный объем накапливаемой информации;
- нехватка квалифицированных кадров, обладающих компетенциями как в области аналитики и информационных технологий, так и в области энергетики и производств;
- недоверие и закрытость компаний к данным технологиям, включая Интернет вещей – IoT [12, 20];
- привлечение внешних специалистов энергоменеджеров;
- обеспечение надежного хранения и безопасности данных;
- высокая сложность интеграции и стоимость внедрения.

В связи с указанными проблемами внедрение технологий больших данных на практике ведется поэтапно. Активно внедряются разрозненные элементы для работы с документами как источниками данных, которые в дальнейшем могут быть интегрированы в единую систему. Начальные этапы внедрения уже пройдены в Омском филиале ТГК-11, на Курской атомной электростанции, в филиалах ООО «Газпромэнерго», в ПАО «Юнипро» (ранее в ОАО «Э.ОН Россия») и других.

3. Архитектурно-функциональная организация информационной системы для работы с большими данными в промышленности и энергетике. Развитие промышленного Интернета, Интернета вещей, средств и технологий интеллектуального анализа данных, машинного обучения, предиктивной аналитики приводит к изменениям в структуре информационных систем в промышленности и энергетике как за рубежом, так и в России [21–27]. Энергетические компании, осознавая потребность в данных технологиях, инициируют процессы функциональной интеграции по шагам.

Во-первых, создается гибкая и расширяемая инфраструктура сетей, вычислений и хранения данных на отраслевом уровне [28, 29]. Инфокоммуникационная сеть должна охватывать как можно большее число участников информационного взаимодействия, источников и потребителей данных, внешних систем, описываемых открытыми архитектурами. На этом этапе создается платформа для подготовки данных к последующему анализу.

Во-вторых, модернизируется управление активами и ремонтами систем генерации и энергосетей как наиболее капиталоемких секторов. Поставщиками данных выступают различные энергоучетные системы, которые вводят новые информационные каналы в систему больших данных. На основе данных о состоянии оборудования, режиме его работы, состоянии отдельных узлов, полученных от сенсоров и датчиков, производится обработка, расчетно-статистические вычисления и анализ накопленной информации в режиме реального времени [21]. Для работы с потоками измерительной информации применяются средства хранения временных рядов, балансировки нагрузки серверных станций, технологии параллельных вычислений. Результатом работы аналитических блоков являются модели для прогнозирования спроса на энергию, а также прогноза потребления, вероятных поломок оборудования, стратегии реагирования и воздействия на устройства управления.

В-третьих, технология внедряется на розничном рынке, где энергосбытовые компании собирают данные об энергопотреблении клиентов в конкретный момент времени. На основании полученных данных осуществляется контроль энергопотерь, аварийных ситуаций и принимаются решения по их предотвращению [30].

С учетом современных технологий построения распределенных приложений для работы с большими данными предложена архитектурно-функциональная организация информационной системы, ориентированная на применение в промышленности и энергетике и реализующая указанные выше этапы интеграции (рис. 9) [31, 32].

В данной схеме ключевыми блоками являются архитектура разрабатываемой системы, поставщик и потребитель данных, поставщик приложений.

Архитектура системы определяет и интегрирует требуемые действия в информационной системе управления большими данными, она должна быть открытой и основанной на принципах сервисориентированных архитектур.

Поставщик приложений реализует жизненный цикл управления большими данными, соответствует требованиям безопасности и конфиденциальности, а также требованиям архитектуры системы.

Потребитель данных – это конечные пользователи или другие системы, которые используют результаты работы «поставщика данных».

Предложенная архитектура основана на принципах работы с большими данными и обладает горизонтальной масштабируемостью, отказоустойчивостью, глобальностью. Она реализует метод MapReduce, основанный на модели распределенной обработки больших объемов данных с помощью компьютерных кластеров.

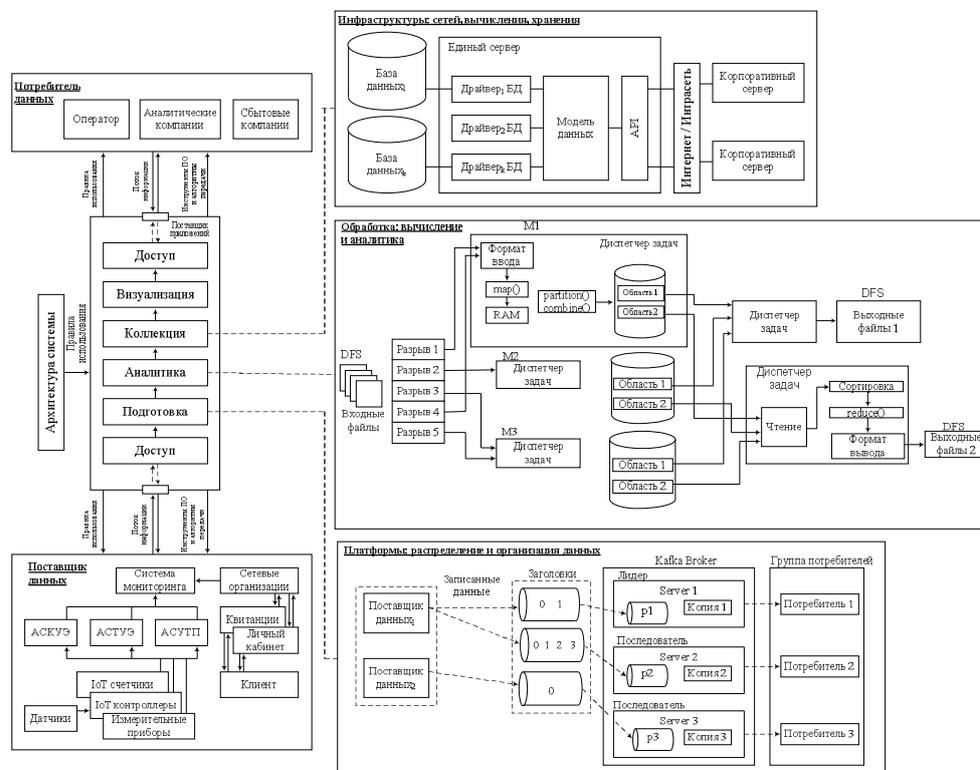


Рис. 9. Архитектурно-функциональная организация информационной системы для работы с большими данными в промышленности и энергетике

Функционально-алгоритмическое обеспечение, реализуемое системой с предложенной архитектурой, в результате должно включать в себя технологии по работе с большими данными, а также реализуемые расчетно-аналитические задачи (рис. 10).

Благодаря применению информационной системы для работы с большими данными, построенной на базе предложенной архитектуры, возможно достижение эффективности использования актива энергокомпании или промышленных производств и снижение стоимости владения. В компаниях энергораспределительного комплекса, по данным проектов SAP, резервы составляют порядка 20 %. Рациональная работа с данными позволит снизить аварийность.

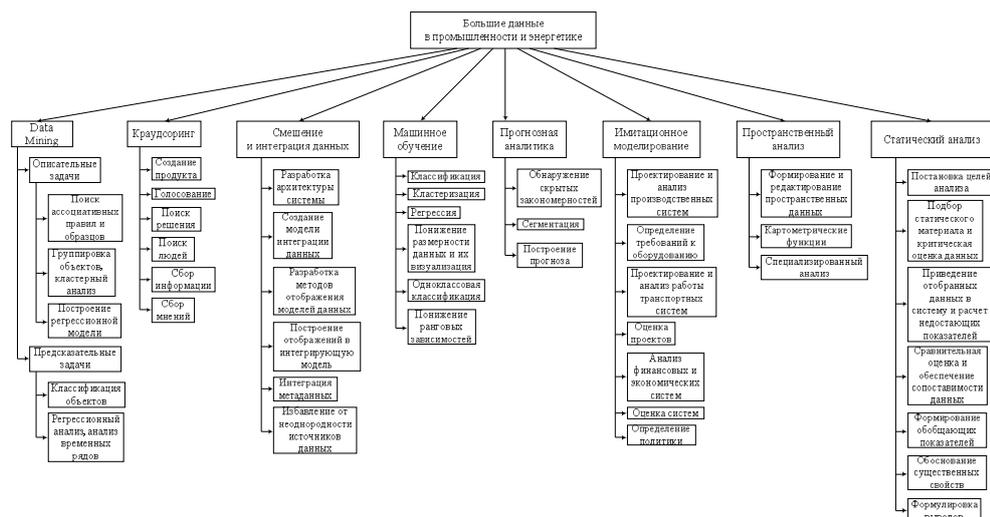


Рис. 10. Технологии обработки больших данных

Выводы. В данной статье были рассмотрены стандарты применения больших данных, области применения, направления, технологии и методы для работы с большим объемом информации, свойственным современным киберфизическим системам. После анализа объема рынка больших данных 40 % всего объема составляют сервисные услуги. Большие данные могут применяться для сбора данных с интеллектуальных датчиков, для возможности прогнозирования рынков электроэнергии и для работы с информацией о чрезвычайных ситуациях в энергетике. На основе ссылочной модели от NIST была построена архитектурно-функциональная организация информационной системы для работы с большими данными.

Библиографический список

1. Цифровая экономика Российской Федерации: распоряжение Правительства РФ от 28 июля 2017 г. № 1632-р // Доступ из справ.-правовой системы «КонсультантПлюс».
2. Стандарты в области больших данных / Д.Е. Намиот, В.П. Куприяновский, Д.Е. Николаев, Е.В. Зубраева // International Journal of Open Information Technologies. – 2016. – Vol. 4. – № 11.
3. BSI Big Data and standards market research. – January 2016.
4. Иванов П.Д., Вампилов В.Ж. Технологии Big Data и их применение на современном промышленном предприятии [Электронный

ресурс] // Инженерный журнал: наука и инновации. – 2014. – Вып. 8. – URL: <http://engjournal.ru/catalog/it/asu/1228.html> (дата обращения: 01.11.2017).

5. Томас Х. Давенпорт. Большие данные на работе: рассеивание мифов, раскрытие возможностей // Harvard Business Review Press. – 2014. – С. 240.

6. Атаманов Ю.С., Гончарук В.С., Гордеев С.Н. Введение в Big Data // Молодой ученый. – 2017. – № 11. – С. 33–34.

7. Что такое Big Data? [Электронный ресурс] // ПостНаука. – URL: <https://postnauka.ru/faq/46974> (дата обращения: 01.11.2017).

8. Майер-Шенбергер В., Кукьер К. Большие данные. Революция, которая изменит то, как мы живем, работаем и мыслим. – М.: Манн, Иванов и Фербер, 2013. – С. 134.

9. Лесковец Юре, Раджараман Ананд, Ульман Джеффри Д. Добыча массивных наборов данных. – Stanford Univ., Millway Labs, 2014. – 516 с.

10. Kychkin A.V., Mikriukov G.P. Applied data analysis in energy monitoring system // Проблемы региональной энергетики. – 2016. – № 2(31). – С. 84–92.

11. Намиот Д.Е., Шнепс–Шнеппе М.А. Об отечественных стандартах для Умного города // International Journal of Open Information Technologies. – 2016. – Т. 4. – № 7. – С. 32–37.

12. Формирование рабочих групп по большим данным. ISO/IEC JTC 1 Forms Two Working Groups on Big Data and Internet of Things [Электронный ресурс]. – URL: http://www.ansi.org/news_publications/news_story.aspx?menuid=7&articled=5b101d27-41b5-4540-bca-657314402591 (дата обращения: 01.11.2017).

13. ITU – T LIAISON STATEMENT ISO/IEC JTC1/WG9 – ISO/IEC JTC1/WG 9 N 201 [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.itu.int/net/itu-t/ls/ls.aspx?isn=12493> (дата обращения: 01.11.2017).

14. Большие данные. ITU Big Data [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.itu.int/en/ITU-T/techwatch/Pages/big-data-standards.aspx> (дата обращения: 01.11.2017).

15. Smith John R. Riding the multimedia big data wave // Proceedings of the 36th international ACM SIGIR conference on Research and development in information retrieval. – ACM, 2013.

16. Big Data Taxonomies [Электронный ресурс]. – URL: <http://nvlpubs.nist.gov/nistpubs/SpecialPublications/NIST.SP.1500-2.pdf> (дата обращения: 01.11.2017).
17. NIST Big Data [Электронный ресурс]. – URL: <http://www.nist.gov/itl/bigdata/bigdatainfo.cfm> (дата обращения: 01.11.2017).
18. Big Data Standards and Market Research [Электронный ресурс]. – URL: <http://shop.bsigroup.com/upload/275237/The-Big-Data-And-Standards-Market-Research-Report-By-BSI-And-Circle-Research.pdf> (дата обращения: 01.11.2017).
19. Мэпп Бернард. Большие данные: использование интеллектуальных больших данных, аналитики и показателей для принятия лучших решений и повышения производительности. – Wiley, 2015. – 256 с.
20. Кычкин А.В., Артемов С.А., Белоногов А.В. Распределенная система энергомониторинга реального времени на основе технологии IoT // Датчики и системы. – 2017. – № 8–9(217). – С. 49–55.
21. Барлоу Майк. Аналитика больших данных в реальном времени: новая архитектура. – O'Reilly Media, 2013. – 32 с.
22. Кычкин А.В., Микрюков Г.П. Метод обработки результатов мониторинга группы энергопотребителей // Энергобезопасность и энергосбережение. – 2016. – № 6. – С. 9–14.
23. Марз Натан, Уоррен Джеймс. Большие данные: принципы и передовая практика масштабируемых систем передачи данных в реальном времени. – Manning, 2015. – 330 с.
24. Виттен Ян Х., Франк Эйб, Холл Марк А. Добыча данных: практические инструменты и методы машинного обучения. – Morgan Kaufmann, 2011. – 630 с.
25. Алемейер-Стуббе Андреа, Коулман Ширли. Практическое руководство по интеллектуальному анализу данных для бизнеса и промышленности. – John Wiley & Sons, Ltd, 2014. – 303 с.
26. Чубукова И.А. Анализ данных: курс лекций интернет-университета INTUIT. – 2006. – 328 с.
27. Flach Peter. Machine Learning: the Art and Science of Algorithms that Make Sense of Data. – Cambridge University Press, 2012. – 396 с.
28. Кычкин А.В. Синтез системы удаленного энергетического мониторинга производства // Металлург. – 2015. – № 9. – С. 20–27.
29. Кычкин А.В. Программно-аппаратное обеспечение сетевого энергоучетного комплекса // Датчики и системы. – 2016. – № 7. – С. 24–32.

30. Кычкин А.В., Хорошев Н.И., Елтышев Д.К. Концепция автоматизированной информационной системы поддержки энергетического менеджмента // Энергобезопасность и энергосбережение. – 2013. – № 5. – С. 12–17.
31. Уайт Том. Надоор: окончательное руководство: пер. с англ. Е. Матвеева. – СПб.: Питер, 2013. – 672 с. – (Бестселлеры О’Reilly).
32. Гуллер Мохаммед. Большая аналитика данных с Spark. – Apress, 2016. – 504 с.

References

1. Tsifrovaia ekonomika Rossiiskoi Federatsii. Rasporiazhenie Pravitel'stva RF ot 28 iulia 2017 g. № 1632-r [Digital Economy of the Russian Federation. Order of the Government of the Russian Federation of July 28, 2017 No. 1632-r]. *Dostup iz spravochno-pravovoi sistemy Konsul'tantPlus*.
2. Namiot D.E., Kupriianovskii V.P., Nikolaev D.E., Zubraeva E.V. Standarty v oblasti bol'shikh dannykh [Standards in the field of large data] *International Journal of Open Information Technologies*, 2016, vol. 4, no. 11.
3. BSI Big Data and standards market research, January 2016.
4. Ivanov P.D., Vampilov V.Zh. Tekhnologii Big Data i ikh primeneniye na sovremenom promyshlennom predpriatii [Big Data technologies and their application in a modern industrial enterprise]. *Inzhenernyi zhurnal: nauka i innovatsii*, 2014, iss. 8, available at: <http://engjournal.ru/catalog/it/asu/1228.html> (accessed 01 November 2017).
5. Tomas Kh. Davenport. Bol'shie dannye na rabote: rasseivanie mifov, raskrytie vozmozhnostei [Davenport. Large data at work: the dispersion of myths, the disclosure of opportunities]. *Harvard Business Review Press*, 2014, p. 240.
6. Atamanov Iu.S., Goncharuk V.S., Gordeev S.N. Vvedenie v Big Data [Introduction to the Big Data]. *Molodoi uchenyi*, 2017, no. 11, pp. 33-34.
7. Chto takoe Big Data? [What is Big Data?]. *PostNauka*, available at: <https://postnauka.ru/faq/46974> (accessed 01 November 2017).
8. Maier-Shenberger V., Kuk'er K. Bol'shie dannye. Revoliutsiia, kotoraiia izmenit to, kak my zhivem, rabotaem i myslim [Large data. A revolution that will change how we live, work and think]. Moscow: Mann, Ivanov i Ferber, 2013, p. 134.
9. Leskovets Iure, Radzharaman Anand, Ul'man Dzheffri D. Dobycha massivnykh naborov dannykh [Extraction of massive data sets]. Stanford Univ., Millway Labs, 2014. 516 p.

10. Kychkin A.V., Mikriukov G.P. Applied data analysis in energy monitoring system. *Problemy regional'noi energetiki*, 2016, no. 2(31), pp. 84-92.

11. Namiot D.E., Shnep's–Shneppe M.A. Ob otechestvennykh standartakh dlia Umnogo goroda [On the domestic standards for the Smart City]. *International Journal of Open Information Technologies*, 2016, vol. 4, no. 7, pp. 32-37.

12. Formirovanie rabochikh grupp po bol'shim dannym. ISO/IEC JTC 1 Forms Two Working Groups on Big Data and Internet of Things [Formation of working groups on large data. ISO / IEC JTC 1 Forms Two Working Groups on Big Data and Internet of Things], available at: http://www.ansi.org/news_publications/news_story.aspx?menuid=7&articleid=5b101d27-41b5-4540-bca-657314402591 (accessed 01 November 2017).

13. ITU – T LIAISON STATEMENT ISO/IEC JTC1/WG9 – ISO/IEC JTC1/WG 9 N 201, available at: <http://www.itu.int/net/itu-t/lis/lis.aspx?isn=12493> (accessed 01 November 2017).

14. Bol'shie dannye. ITU Big Data [Large data. ITU Big Data], available at: <http://www.itu.int/en/ITU-T/techwatch/Pages/big-data-standards.aspx> (accessed 01 November 2017).

15. Smith John R. Riding the multimedia big data wave. *Proceedings of the 36th international ACM SIGIR conference on Research and development in information retrieval*. ACM, 2013.

16. Big Data Taxonomies, available at: <http://nvlpubs.nist.gov/nistpubs/SpecialPublications/NIST.SP.1500-2.pdf> (accessed 01 November 2017).

17. NIST Big Data, available at: <http://www.nist.gov/itl/bigdata/bigdatainfo.cfm> (accessed 01 November 2017).

18. Big Data Standards and Market Research, available at: <http://shop.bsigroup.com/upload/275237/The-Big-Data-And-Standards-Market-ResearchReport-By-BSI-And-Circle-Research.pdf> (accessed 01 November 2017).

19. Marr Bernard. Bol'shie dannye: ispol'zovanie intellektual'nykh bol'shikh dannykh, analitiki i pokazatelei dlia priniatiia luchshikh reshenii i povysheniia proizvoditel'nosti [Large data: the use of intelligent large data, analytics and indicators to make better decisions and improve productivity]. Wiley, 2015. 256 p.

20. Kychkin A.V., Artemov S.A., Belonogov A.V. Raspredelelnaia sistema energomonitoringa real'nogo vremeni na osnove tekhnologii IoT

[Distributed real-time energy monitoring system based on IoT technology]. *Datchiki i sistemy*, 2017, no. 8-9(217), pp. 49-55.

21. Barlou Maik. Analitika bol'shikh dannykh v real'nom vremeni: novaia arkhitektura [Analytics of large data in real time: a new architecture]. *O'Reilly Media*, 2013. 32 p.

22. Kychkin A.V., Mikriukov G.P. Metod obrabotki rezul'tatov monitoringa gruppy energopotrebiteli [Method for processing the results of monitoring energy users]. *Energobezopasnost' i energosberezhenie*, 2016, no. 6, pp. 9-14.

23. Marz Natan, Uorren Dzheims. Bol'shie dannye: printsipy i perezodovaia praktika masshtabiruemykh sistem peredachi dannykh v real'nom vremeni [Large data: the principles and best practices of scalable real-time data transmission systems]. *Manning*, 2015. 330 p.

24. Vitten Ian Kh., Frank Eib, Khol Mark A. Dobycha dannykh: prakticheskie instrumenty i metody mashinnogo obucheniia [Extraction of data: practical tools and methods of machine learning]. *Morgan Kaufmann*, 2011. 630 p.

25. Alemeier-Stubbe Andrea, Koulman Shirli. Prakticheskoe rukovodstvo po intellektual'nomu analizu dannykh dlia biznesa i promyshlennosti [Practical guidance on the intellectual analysis of data for business and industry]. *John Wiley & Sons, Ltd*, 2014. 303 p.

26. Chubukova I.A. Analiz dannykh [Data analysis]. Kurs lektsii internet-universiteta INTUIT, 2006. 328 p.

27. Flach Peter. Machine Learning: the Art and Science of Algorithms that Make Sense of Data. *Cambridge University Press*, 2012. 396 p.

28. Kychkin A.V. Sintez sistemy udalennogo energeticheskogo monitoringa proizvodstva [Synthesis of the system of remote energy production monitoring]. *Metallurg*, 2015, no. 9, pp. 20-27.

29. Kychkin A.V. Programmno-apparatnoe obespechenie setevogo energouchetnogo kompleksa [Software and hardware of the network energy-accounting complex]. *Datchiki i sistemy*, 2016, no. 7, pp. 24-32.

30. Kychkin A.V., Khoroshev N.I., Eltyshev D.K. Kontseptsiiia avtomatizirovannoi informatsionnoi sistemy podderzhki energeticheskogo menedzhmenta [The concept of an automated information system for the support of energy management]. *Energobezopasnost' i energosberezhenie*, 2013, no. 5, pp. 12-17.

31. Uait Tom. Hadoop: okonchatel'noe rukovodstvo [Hadoop: the final guide]. Saint Petersburg: Piter, 2013. 672 p. (Bestsellery O'Reilly).

32. Guller Mokhammed. Bol'shaia analitika dannykh s Spark [Large data analytics with Spark]. Apress, 2016. 504 p.

Сведения об авторах

Кычкин Алексей Владимирович (Пермь, Россия) – кандидат технических наук, доцент кафедры «Микропроцессорные средства автоматизации» Пермского национального исследовательского политехнического университета (614990, Пермь, Комсомольский пр., 29, e-mail: aleksey.kychkin@gmail.com).

Квитко Ярослав Игоревич (Пермь, Россия) – магистрант Пермского национального исследовательского политехнического университета (614990, Пермь, Комсомольский пр., 29, e-mail: kvitko.ya1994@mail.ru).

About the authors

Kichkin Alexey Vladimirovich (Perm, Russian Federation) is a Ph.D. in Technical Sciences, Associate Professor at the Department of Automation Microprocessors Perm National Research Polytechnic University (614990, Perm, 29, Komsomolsky pr., e-mail: aleksey.kychkin@gmail.com).

Kvitko Yaroslav Igorevich (Perm, Russian Federation) is a Master Student Perm National Research Polytechnic University (614990, Perm, 29, Komsomolsky pr., e-mail: kvitko.ya1994@mail.ru).

Получено 30.01.2018