

# ОРГАНИЗАЦИОННЫЕ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ПРИНЦИПЫ ПОСТРОЕНИЯ SMART-ПЛАТФОРМЫ ЦИФРОВОЙ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ СРЕДЫ СОВРЕМЕННОГО УНИВЕРСИТЕТА

## *Organizational and Technological Principles of Building a Smart Platform for Digital Educational Environment of a Modern University*

**Irina Maslova**

**Aleksei Frolov**

**Anron Uzharinskyi**

Orel State University named after I. S. Turgenev, Russian Federation

**Abstract.** *The article presents conceptual architectural and technological solutions. In the article is justified application of technology and integration of SMART subsystems platform based on a single integrating data schema. The structure of the integrated information and computing environment, based on the classical architecture of SOA and differing by the presence of a repository of services which stores information about all available web services and the ability to remotely call the methods of services by clients.*

**Keywords:** *digital university, digital educational environment, information and computing environment, integration of information systems, data integration scheme.*

### **Введение** ***Introduction***

Активное развитие и внедрение информационных технологий во все сферы жизни общества ознаменовали появление нового типа экономик – цифровой экономики. ВУЗы, как передовая инфраструктура, работающая с молодыми и для молодых, одними из первых отреагировали на эти тенденции и отдельные вузовские процессы автоматизированы и интегрированы с сетевым пространством Интернет уже более 15-20 лет.

Государственная программа «Цифровая экономика Российской Федерации» реализуется в соответствии со «Стратегией развития информационного общества в Российской Федерации на 2017-2030 годы», основным направлением которой является создание условий для развития

общества знаний. Одна из целей Стратегии – создание экосистемы цифровой экономики на основе эффективного взаимодействия научно-образовательного сообщества с бизнесом, государством и гражданами.

Согласно официальным прогнозам, цифровое образование сейчас – один из самых быстрорастущих сегментов мирового рынка образования. Темпы ежегодного прироста составляют в среднем 23 % с 2012 года по настоящее время. Но в общем объеме образовательных услуг доля цифрового образования составляет всего 3 %. Более 50 % всего рынка принадлежит США.

Потенциал российского рынка цифрового образования очень высок – темпы прироста в целом выше среднемировых (более 25 %), при том, что объем российского рынка представлен на уровне 10,7 млрд рублей. Факторами, позволяющими сделать вывод о значительном потенциале российского рынка цифрового образования, являются следующие: большая географическая территория страны и удаленность ряда территорий от центральных образовательных организаций, а также со значительным уровнем развития доступа к широкополосному Интернету (охват 73,41 % населения). Также стабильно растет рынок «облачных» услуг - примерно на 40 процентов ежегодно.

Таким образом, цифровые технологии становятся все доступнее и все более востребованы, поэтому ведущие вузы страны создают агрегированные интернет-порталы для дистанционного открытого обучения. Большинство таких вузов расположено в Москве и Санкт-Петербурге, однако региональный охват становится все шире, достаточно развит в этом направлении дальневосточный регион, республика Татарстан, Якутия и др.

Инновационные подходы в образовательной среде, включая практическое применение современных информационно-коммуникационных технологий, способствуют формированию условий для развития последующих поколений граждан Российской Федерации, формирования компетенций в будущем востребованных специалистов на рынке труда, подготовленных к эффективной и качественной трудовой деятельности в условиях развития информационного общества. Обучающиеся включаются в научно-исследовательские проекты и творческие разработки, чтобы с целью получения навыков создания, понимания и осваивать нового, представления авторских мыслей, реализации решений, а также оказывать помощь друг другу, при обозначении интересов и понимания возможностей.

В настоящее время активно развернулся процесс информатизации учебно-воспитательного процесса и очень актуальным становится использование различных информационных систем (ИС). Оснащение образовательных учреждений локальными сетями позволило объединить в

единую структуру отдельные рабочие места педагогов и учащихся и осуществить сетевое взаимодействие между ними. Этот фактор повлиял на переход педагогов от применения в своей работе однопользовательских цифровых образовательных предметных ресурсов к использованию интегрированных систем, установленных на сервере образовательного учреждения, объединяющих на одной платформе разные предметы школьного курса, имеющих единый интерфейс и систему управления.

Цифровизация образования позволяет создавать комфортные условия обучения для различных групп лиц, не имеющих возможности очного посещения занятий, что достигается за счет применения дистанционных технологий обучения.

Однако сосредоточение управленческих усилий на образовательном направлении деятельности вузов приводит к разрыву в уровне цифровизации с управленческой, научной, воспитательной видами деятельности, отсутствию системности в управлении цифровым университетом, что сказывается на уровне качества образования.

В последнее время возникает потребность в активном использовании проектного подходе в менеджменте вузов, так как отдельные образовательные программы, научно-исследовательские, международные проекты требуют новых подходов к управлению в дополнение к традиционному процессному подходу, лежащему в основе концепции Системы менеджмента качества. Система управления процессами и проектами на основе информационных технологий для обеспечения качества сильно отстает от потребностей цифровой экономики, особенно в регионах. Применение информационных технологий с позиций системного подхода способствует повышению качества управления на основе сочетания процессного и проектного подходов, для чего предлагается создание сетевой SMART-платформы с открытой архитектурой.

Данная платформа может быть построена на основе следующих принципов. Необходима разработка пакетов методологической базы и согласованного концептуального подхода к построению модели SMART-платформы на основе изучения лучших международных практик, а также рекомендаций по формированию политики и стратегии управления цифровым университетом с позиций системного подхода. Актуальным является проработка технологии интеграции модели цифрового университета при различных уровнях цифровизации образовательной среды (e-learning и b-learning), в том числе для трансляции неявных знаний лидерами мнений. Необходимо проработать методику построения модернизированной инфраструктуры университета, в основе которой лежит широкое применение технологий «Интернета вещей», разработанной на основе анализа современного состояния цифровизации образования в мире.

Необходимо разработать Методику внедрения в модель цифрового университета современных технологий менеджмента образовательной и научной среды на основе сочетания процессного и проектного подходов: lean-менеджмент, SCRUM, SMART Tribes, Agile. На основе проработки концептуальных вопросов деятельности цифрового университета разрабатывается модель виртуальной международной научно-образовательной сети на базе онлайн-платформы.

**Технологические принципы построения SMART-платформы**  
**Концептуальные архитектурные решения и технологии построения**  
**SMART-платформы**  
*Technological principles of SMART platform. Conceptual architectural solutions and technologies to build SMART platforms*

Рассмотренные выше организационные принципы построения и развития SMART-платформы современного университета определяют принципиальные архитектурные решения и технологии построения информационно-вычислительной среды.

1. SMART-платформа – это интеллектуальная, построенная на единой организационно-технической идеологии, адаптируемая под задачи конкретного университета информационно-вычислительная среда.
2. SMART-платформа – это набор облачных сервисов, обеспечивающих подключение университетов, их объединение в консорциумы, с предоставлением функционала как для цифровизации внутренних процессов университетов, так и их сетевого взаимодействия.
3. SMART-платформа должна включать также сервисы, обеспечивающие вовлечение в цифровую среду университета и сетевую среду консорциума абитуриентов, студентов, преподавателей и исследователей.
4. SMART-платформа должна строиться по модульному принципу, с участием широкого консорциума разработчиков – университетов и компаний, интегрирующих в нее свои подсистемы – «лучшие практики».
5. SMART-платформа должна использовать защищенное хранилище данных о деятельности университетов.

Современный уровень развития инфокоммуникационных технологий обеспечивает широкий спектр решений и инструментов для построения SMART-платформы. Поэтому основной организационно-технической проблемой представляется необходимость интеграции разнородных систем

различных университетов и компаний в единую информационно-вычислительную среду. С одной стороны это требование обусловлено невозможностью построения SMART-платформы «с нуля» за разумное время и при разумных финансовых вложениях. С другой стороны это требование определяет важную научно-техническую проблему интеграции разнородных информационных систем в web-среде с учетом специфики видов деятельности современных университетов. С развитием сетевых технологий, облачных платформ и приложений эти проблемы приобретают особую значимость и популярность. Анализ различных технологий интеграции разнородных приложений показывает, что наиболее целесообразной при построении SMART-платформы представляется технология интеграции на основе единой интегрирующей схемы данных, являющаяся наиболее гибкой и простой в реализации.

**Современные подходы к решению задачи интеграции данных  
разнородных приложений**  
*Current approaches to solving the problem of data integration for  
heterogeneous applications*

Задача интеграции данных заключается в объединении информации, находящейся в различных источниках и предоставлении универсального механизма для доступа к ней пользователям (Liu et al., 2017).

В литературе описывается два основных подхода к решению данной задачи – это интеграция данных на физическом уровне и интеграция данных на логическом уровне. Первый подход предполагает физическое извлечение данных из источников и сохранение их в едином формате для реализации эффективных механизмов поиска и обработки информации по запросам пользователей (McKendrick, 2016). Популярным в настоящее время примером реализации данного подхода является технология Hadoop data integration с применением Apache Spark технологии поиска данных. Данная концепция базируется на принципе кластеризации и распределённого хранения информации и выполнения вычислений. Для этого используется распределённая файловая система Hadoop Distributed File System (HDFS). Данные из внешних источников должны быть загружены в эту систему с помощью процедуры импорта. После этого над ними можно выполнять различные операции, такие как агрегация, анализ и преобразование. Узкие места данного подхода заключаются в дублировании хранимой информации, необходимости наличия большого количества распределённых серверов для хранения и обработки информации, сложность актуализации информации в реальном времени.

Преимуществами данного подхода является высокая эффективность выполнения операций по поиску и обработке данных в системе.

Для преодоления основного ограничения первого подхода связанного с ограниченностью возможностей физического хранения данных предлагается подход с использованием логического хранилища данных. Данный подход предполагает, что данные не перемещаются в единое хранилище. Вместо этого предоставляются логические представления для различных источников данных (McKenna, 2017). В качестве источников данных могут выступать, как облачные сервисы и файловые хранилища, так и простые базы данных отдельных приложений. Примерами таких систем являются системы класса Sales force Service Cloud и integration platform as a service (IPaaS). Данные системы предоставляют набор сервисов для доступа к информации из различных источников. При этом каждая группа пользователей работает только со своей информацией, не задумываясь о том где и как физически хранятся данные. Логические хранилища данных могут масштабироваться для размещения любого объема данных в любом количестве источников для удовлетворения текущих и будущих потребностей. Однако отсутствие единого представления и структуры данных приводит к проблемам, связанным с извлечением и агрегацией данных из разных источников при обработке запросов. Это снижает производительность таких систем.

Анализируя современные подходы к интеграции данных в распределённых системах можно выделить следующие основные тенденции в области создания технологий интеграции (Krishnan, 2016; Wu, 2016):

1. Интеграция приложений выполняется в основном через службы REST и SOAP.
2. Интеграция данных большого объема возможна с применением hadoop баз данных, или в хранилище данных на основе облачных вычислений.
3. Интеграция должна быть основана на событиях, а не времени.
4. Интеграция в первую очередь ориентирована на документы.
5. Интеграция гибридная и охватывает сценарии cloud-cloud и cloud-ground.
6. Интеграция сама по себе должна быть доступна через OSAP / REST.
7. Интеграция должна быть гибкой.
8. Интеграция должна предоставляться как услуга.

Более подробно содержание описанных тенденций раскрыто в работе V. Krishnan (2016). На основе описанных трендов можно прийти к выводу, что современная система интеграции должна представлять из себя

облачный портал, построенный на сервис-ориентированных технологиях и доступный как сервис для пользователей. Данное приложение должно обладать гибкостью и возможностью настройки под конечные задачи пользователей, содержать в себе логическую модель данных, описывающую потребности конечного пользователя и абстрагированную от особенностей реализации.

### Структура интегрированной информационно-вычислительной среды *Structure of the integrated information-computational environment*

Структура интегрированной информационно-вычислительной среды включает в себя набор разрозненных самостоятельных сервисов, взаимодействующих друг с другом с помощью центрального сервера интеграции и управления web-сервисами (Крюков, 2007). Описанная структура интегрированной среды представлена на рисунке 1.

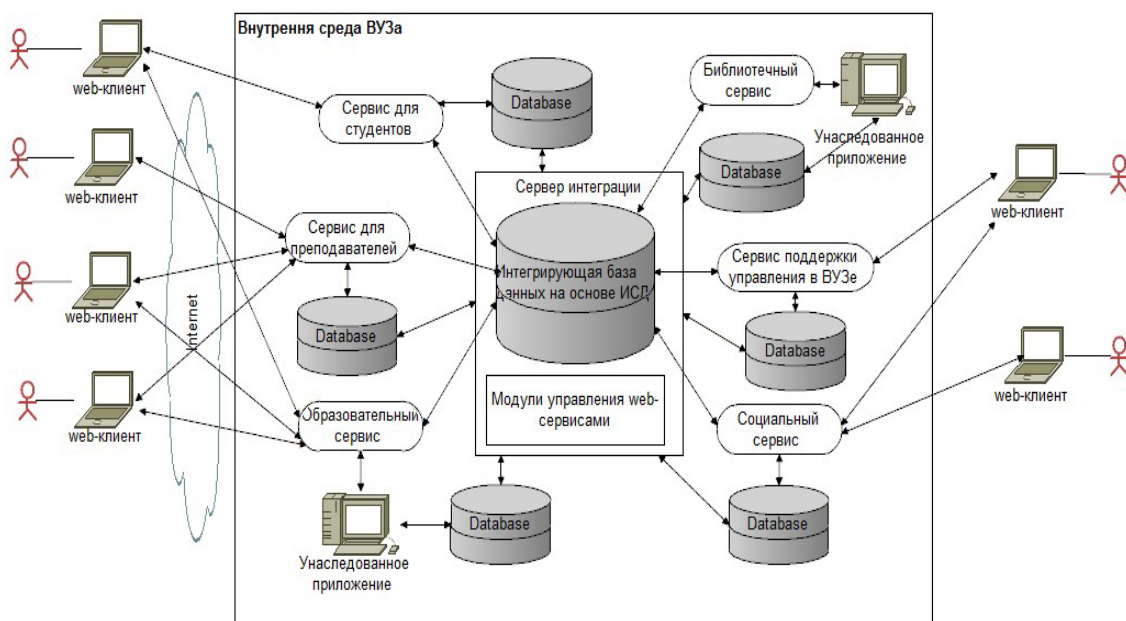


Рисунок 1. Структура интегрированной системы управления ВУЗом с использованием web-сервисов

Figure 1. Structure of the integrated system of University management using web services

Структура интегрированной среды базируется на классической архитектуре SOA. Характерными особенностями данного подхода является наличие репозитория сервисов, хранящего информацию обо всех доступных web-сервисах, возможность удалённого вызова методов сервисов из удалённых клиентов, использование стандартного формата сообщений и языка xml для взаимодействия между сервисами. Ключевым отличием

предложенной структуры системы является использование сервера интеграции и управления web-сервисами.

### **Общая методика и пример интеграции сервисов** *The general methodology and example of service integration*

На основе описанной архитектуры smart-платформы разработана методика интеграции информационных ресурсов. Данная методика включает в себя два этапа. На первом этапе осуществляется процесс настройки smart – платформы для работы с различными источниками. Основными задачами этого этапа являются:

1. Анализ структуры и информационных потоков интегрируемых источников. Необходимо выявить информацию, хранящуюся в источнике, определить формат представления и хранения этой информации, способы доступа к источнику данных и получения требуемой информации.
2. Анализ бизнес процессов и проектирование информационных потоков сервисов, предоставляемых разработанной smart-платформой. В рамках данной задачи необходимо определить какие информационные сервисы будут предоставляться в рамках разработанной smart-платформы и какие информационные ресурсы необходимы для поддержки их функционирования.
3. Проектирование единой интегрирующей схемы данных (ИСД IDM (Integration Data Model)) для описания информационных ресурсов smart-платформы. ИСД занимает ключевое место в процессе интеграции и служит для моделирования предметной области и описывает общую схему данных для всех сервисов и объектов, входящих в состав smart-платформы. Информационный обмен между сервисами и smart-платформой будет осуществляться в терминах разработанной схемы данных. В связи с этим к ИСД предъявляются следующие требования:
  - схема должна максимально полно отражать все сущности предметной области и удовлетворять информационным потребностям существующих и подключаемых в будущем сервисов.
  - схема должна быть адекватной доступным или предполагаемым источникам данных, которые будут интегрироваться.
  - схема должна быть независима от физических особенностей хранения информации в интегрируемых источниках.



В качестве базовой модели для построения ИСД в smart-портале применяется объектно-ориентированная модель данных в связи с её гибкостью и наибольшим соответствием реальным объектам и отношениям предметной области. В соответствии с данной моделью необходимо настроить классы объектов, их методы и атрибуты.

4. Описание алгоритмов для преобразования данных из интегрируемых источников к структуре, прописанной в ИСД. При подключении нового источника данных к smart-порталу необходимо настроить компонент адаптер, который будет связан с источником, и предназначен для осуществления обработки первичной информации, поступающей от источника в систему. Для типовых источников данных с известной структурой возможно применение стандартных адаптеров, реализованных в системе. Для настройки более гибких алгоритмов преобразования в smart-портале предусмотрен механизм создания пользовательских сценариев обработки данных на формальном языке описания правил манипулирования данными, основанном на базе аппарата реляционной алгебры, дополненного и расширенного с учётом объектной структуры данных.

Второй этап – организация непосредственного доступа к данным smart-платформы для пользователей. Основными задачами данного этапа являются:

1. Обработка запросов пользователей и предоставление им требуемых данных в установленном формате. Для решения данной задачи в рамках smart-платформы реализованы алгоритмы трансляции и выполнения запросов на доступ к данным. В качестве языка запросов используется объектный язык Object SQL. В процессе трансляции запроса определяются источники данных, в которых хранятся требуемые информационные ресурсы. При выполнении запроса с использованием разработанных адаптеров происходит доступ и преобразование данных от интегрируемых источников. Полученные результаты консолидируются и направляются адресату запроса в установленном формате.
2. Разграничение доступа к данным. Для решения данной задачи в рамках smart-платформы реализован гибкий механизм разграничения прав, основанный на ролевой модели. Существует несколько категорий прав для пользователя, которые назначаются для каждого отдельного объекта или группы объектов.

Рассмотрим реализацию предложенной методики на примере интеграции библиотечных информационных ресурсов. Существуют разные

форматы описания библиотечной информации – MARC, ISDB, Z39.50. В процессе обработки запроса необходимо получить данные о наличии литературы из различных библиотечных систем. В рамках при обработке данного запроса определяются все информационные источники, содержащие данную информацию. После этого через адаптеры этих источников рассылаются запросы и получаются результаты в формате выбранного источника. Полученные результаты преобразуются адаптерами к единому объектному представлению, описанному в ИСД. Далее происходит анализ полученных результатов, формируется результирующая выборка данных и полученные результаты отправляются адресату. Описанный механизм работы портала представлен на схеме на рисунке 2

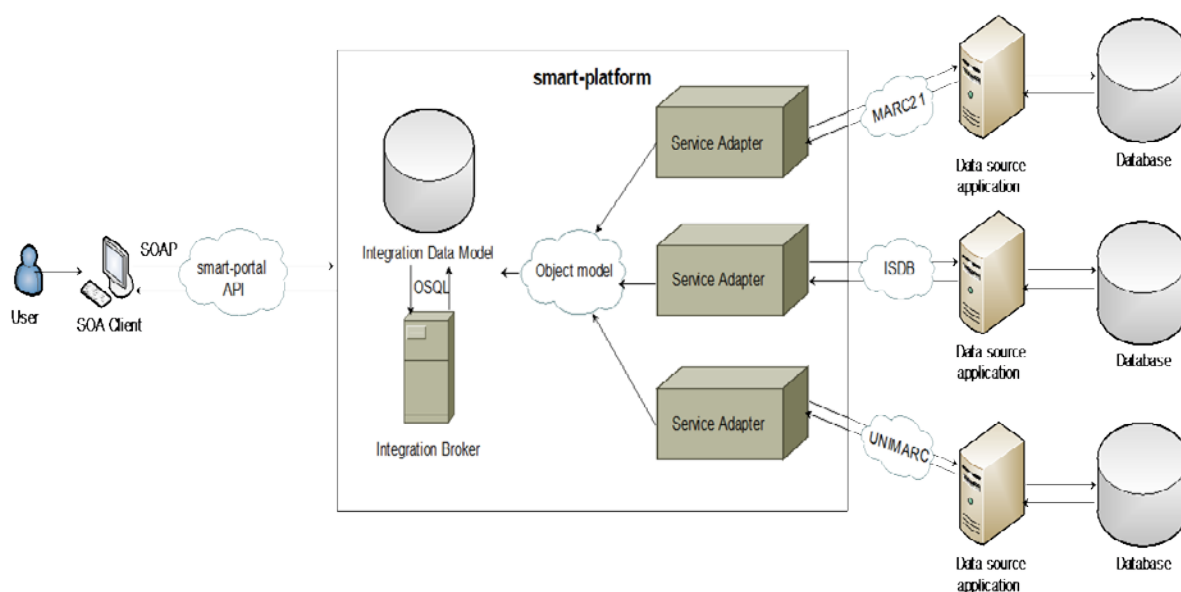


Рисунок 2. Модель работы smart-платформы при интеграции информационных сервисов.

Figure 2. Model of the smart-platform for the integration of information services

## Выводы Conclusion

Предложенные в статье архитектура и структура интегрированной информационно-вычислительной среды «SMART-платформа» обеспечивает существенное снижение трудоемкости объединения сервисов различных университетов и компаний в единую систему.

Анализ различных технологий интеграции разнородных приложений показывает, что наиболее целесообразной при построении SMART-платформы представляется технология интеграции на основе единой

интегрирующей схемы данных, являющаяся наиболее гибкой и простой в реализации.

Интегрируемые в обезличенном виде, данные о деятельности университетов и их консорциумов сформируют массив bigdata, пригодный для анализа и принятия управленческих решений в университетах и их консорциумах с применением методов искусственного интеллекта на принципиально новом качественном уровне.

### Summary

At the beginning of the article the authors describe the current situation in the field of digital education in the world and the role and place of Russia in the digitalization of the educational environment. In General, Russia lags behind in the development of the digital economy, but the Russian market has significant potential and its implementation is facilitated by significant rates of development of digital infrastructure both in education and in remote areas, which makes digital technologies available.

Today it is not enough for universities to use local digital technologies and leading universities are increasingly uniting through Internet portals to exchange best practices and spread online education. The development of aggregated Internet portals contributes to cooperation in innovation and social spheres.

Considering the situation it should be mentioned that there is no consistency in the introduction of information technology in various administrative, educational, scientific and social processes of universities. At the same time, the project approach is increasingly used in the activities of universities, which also requires changes in the architecture of the information systems used.

The article proposes the use of a network SMART-platform with an open architecture, on the basis of which it is possible to combine process and project approaches, exchange the best practices of universities connected to it, communication not only on educational but also scientific and social projects. All this will contribute to improving the quality of university activities.

In the article authors consider the technological options for building of the SMART-platform and features of architectural solutions that determine its flexibility and openness. For the purposes of the online platform it is necessary to solve the problems of data integration, for which the article considers modern approaches and trends. The authors proposed the structure of the integrated university management system, a feature of which is the use of the server integration and management of web-services. An example of integration of information services is given.

An important point is that eventually generated an array of depersonalized data represents an array of bigdata that provides opportunities for management decisions with using artificial intelligence methods

To summarize we can conclude that the article is interdisciplinary in nature, because organizational and managerial aspects are connected with IT competencies. The authors form a cross-format team, which explores the development of network interaction of digital universities from the perspective of different scientific areas – economic and management, and information technology.

Suggested in the article the structure and architecture of integrated information-computing environment "SMART platform" provides a significant reduction in the complexity of combining the services of different universities and companies into a single system.

Analysis of different technologies integration of various applications shows that the most suitable when building a SMART platform is the technology integration based on a single integrating data schema, which is the most flexible and easy to implement.

Integrable in anonymised, data on the activities of universities and their consortia will form an array of big data available for analysis and managerial decision-making in universities and their consortia, applying artificial intelligence methods to a fundamentally new qualitative level.

### Литература References

- Chen, X., Ding, F., Zhang, T., Hou, G., & Lan, L. (2017). A Cost-Optimized Resource Provisioning Policy for Heterogeneous Cloud Environments. *IEEE Access*, Volume 5, 26681-26689/
- Krishnan, V. (2016). *10 New Requirements for Modern Data Integration*. Retrieved from <http://www.dbta.com/Editorial/Trends-and-Applications/10-New-Requirements-for-Modern-Data-Integration-109146.aspx>
- Kuzilek, J., Hlosta, M., & Zdrahal, Z. (2017). Data Descriptor: Open University Learning Analytics dataset. *Scientific Data*, Volume 4, 28 November 2017
- Liu, X., Wang, X., Wright, G., & Liu, R. (2017). A State-of-the-Art Review on the Integration of Building Information Modeling (BIM) and Geographic Information System (GIS). *International Journal of Geo-Information* 6 (2), 5, February.
- McKendrick, J. (2016). Data Integration for the Modern Enterprise - How Cloud Shifts the Balance. *Databases trends and applications*, Sep 28. Retrieved from <http://www.dbta.com/Editorial/Think-About-It/Data-Integration-for-the-Modern-Enterprise---How-Cloud-Shifts-the-Balance-113710.aspx>
- McKenna, B. (2017). Logical data warehousing. *Computerweekly*, Jan 05. Retrieved from <http://www.computerweekly.com/blog/Data-Matters/Logical-data-warehousing>
- Wu, J. (2016). 3rd principle of modern data integration. *DIYOTA*, May 04. Retrieved from <https://www.diyotta.com/3rd-principle-of-modern-data-integration/>
- Крюков, В. В. (2007). *Корпоративная информационная среда ВУЗа: методология, модели, решения. Монография*. Владивосток: Дальнаука.
- Программа «Цифровая экономика Российской Федерации» (2017). утверждена распоряжением Правительства Российской Федерации от 28 июля 2017 г. № 1632 р.