

Научная статья
УДК 004.62
doi:10.37614/2949-1215.2023.14.7.006

АНАЛИЗ OLAP-РЕШЕНИЙ ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЯ ЖИЗНЕСПОСОБНОСТИ РЕГИОНАЛЬНЫХ СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКИХ СИСТЕМ

Елена Олеговна Неупокоева¹, Виталий Викторович Быстров²

^{1, 2}*Институт информатики и математического моделирования имени В. А. Путилова Кольского научного центра Российской академии наук, Апатиты, Россия*

¹*neupokoeva@iimm.ru[✉], <https://orcid.org/0000-0003-4059-8724>*

²*bystrov@iimm.ru, <https://orcid.org/0000-0002-9369-8457>*

Аннотация

Статья посвящена обоснованному выбору программных средств обработки многомерных данных для использования в научно-прикладных задачах исследования жизнеспособности (resilience) региональных социально-экономических систем. Предлагается схема программного решения для моделирования жизнеспособности на базе интеграции среды имитационного моделирования и OLAP-системы. Дается краткая общая характеристика программных OLAP-решений с их классификацией в соответствии с механизмами оперирования многомерными данными. Авторы приводят результаты сравнительного анализа отечественных программных продуктов класса OLAP-систем по критериям, сформированным на основе функциональных и технических требований к программному и аппаратному обеспечению проводимого исследования.

Ключевые слова:

многомерный анализ данных, OLAP-система, сравнительный анализ, жизнеспособность, социально-экономические системы

Благодарности:

Исследование выполнено в рамках государственного задания Института информатики и математического моделирования имени В. А. Путилова Кольского научного центра Российской академии наук от Министерства науки и высшего образования Российской Федерации, тема научно-исследовательской работы — «Методология создания информационно-аналитических систем поддержки управления региональным развитием, основанных на формирующем искусственном интеллекте и больших данных» (регистрационный номер 122022800551-0).

Для цитирования:

Неупокоева Е. О., Быстров В. В. Анализ OLAP-решений для исследования жизнеспособности региональных социально-экономических систем // Труды Кольского научного центра РАН. Серия: Технические науки. 2023. Т. 14, № 7. С. 52–67. doi:10.37614/2949-1215.2023.14.7.006.

Original article

ANALYSIS OF OLAP SOLUTIONS FOR STUDYING RESILIENCE OF REGIONAL SOCIO-ECONOMIC SYSTEMS

Elena O. Neupokoeva¹, Vitaliy V. Bystrov²

^{1, 2}*Putilov Institute for Informatics and Mathematical Modeling of the Kola Science Centre of the Russian Academy of Sciences, Apatity, Russia*

¹*neupokoeva@iimm.ru[✉], <https://orcid.org/0000-0003-4059-8724>*

²*bystrov@iimm.ru, <https://orcid.org/0000-0002-9369-8457>*

Abstract

The article is devoted to the well-grounded choice of software tools for processing multidimensional data for use in scientific and applied tasks of studying the resilience of regional socio-economic systems. A scheme of a software solution for resilience modeling based on the integration of a simulation environment and an OLAP system is proposed. A brief general description of software OLAP solutions is given, with their classification in accordance with the mechanisms of operating with multidimensional data. The authors present the results of the analysis of domestic software products of the OLAP system class according to the criteria formed by them on the basis of functional and technical requirements for the software and hardware of the study.

Keywords:

multidimensional data analysis, OLAP system, comparative analysis, resilience, socio-economic systems

Acknowledgments:

the study was carried out within the framework of the Putilov Institute for Informatics and Mathematical Modeling of the Kola Science Centre of the Russian Academy of Sciences state assignment of the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation, research topic “Methodology for creating information and analytical systems to support the management of regional development based on formative artificial intelligence and big data” (registration number of the research topic 122022800551-0).

For citation:

Neupokoeva E. O., Bystrov V. V. Analysis of OLAP solutions for studying the resilience of regional socio-economic systems // Transactions of the Kola Science Centre of RAS. Series: Engineering Sciences. 2023. Vol. 14, No. 7. P. 52–67. doi:10.37614/2949-1215.2023.14.7.006.

Введение

В последние десятилетия в мировом научном сообществе в области управления сложными динамическими системами развивается направление, получившее название жизнеспособность (resilience). В рамках данной концепции изучается развитие системы с позиции сохранения ее системообразующих свойств и функций в случае возникновения разнородных кризисных ситуаций. Не смотря на многообразие формулировок жизнеспособности системы (критической инфраструктуры) можно выделить основные характеристики данного понятия, а именно:

- жизнеспособность — это свойство системы;
- она рассматривается в условиях возникновения внештатных ситуаций для ее функционирования (кризисов, стрессов, чрезвычайных событий стихийной и техногенной природы и т. д.);
- она меняется в зависимости от стадии/фазы/этапа развития (функционирования) системы, при этом обычно употребляют термин — жизненный цикл жизнеспособности;
- ее пытаются качественно и/или количественно измерить.

В настоящее время концепция жизнеспособности систем наиболее теоретически проработана и, соответственно, нашла свое практическое применение в области кризисного управления для технических систем: транспортных [1], энергетических [2], водоснабжающих [3], кибернетических [4] и др. Для социально-экономических структур в виду их слабоформализуемой природы степень теоретико-фундаментальной проработки вопросов управления жизнеспособностью уступает классу технических систем. Наиболее изученными направлениями исследования жизнеспособности социально-экономических систем остаются вопросы ее оценки, которые решаются в основном на базе методик, которые позволяют оценить ее количественно и качественно с помощью разнообразных индикаторных систем. Вопросы же выработки управляющих воздействий для обеспечения жизнеспособности социально-экономических систем остаются открытыми. В связи с этим разработка программных средств поддержки принятия решений в области управления социально-экономическими процессами на базе концепции жизнеспособности остается актуальной фундаментальной и прикладной научной задачей.

В последние годы в Институте информатики и математического моделирования им. В.А. Путилова ФИЦ КНЦ РАН занимаются вопросами создания теоретических, алгоритмических и программных средств информационно-аналитической поддержки управления жизнеспособностью региональных социально-экономических систем. Одной из основных задач проводимого исследования является разработка информационной технологии комплексной оценки жизнеспособности региональной социально-экономической системы. В рамках ее решения была предложена концепция индикаторной оценки жизнеспособности рассматриваемого класса систем, построенная на основе операций с многомерными данными [5, 6]. Одним из способов практической реализации идей, заложенных в предложенную концепцию, является совместное использование OLAP-системы (online analytical processing) и средства имитационного моделирования. Такая комбинация инструментов объясняется тем, что OLAP-система позволяет в режиме реального времени в удобной форме оперировать большим объемом разнородных данных, в том числе содержащих многочисленные показатели жизнеспособности, а система имитационного моделирования — формировать прогнозы о состоянии жизнеспособности региональной социально-экономической системы на базе параметрического описания сценария ее функционирования.

Взаимодействие OLAP-системы и имитационной среды

Фундаментальной позицией в предлагаемой концепции комплексной оценки жизнеспособности региональных социально-экономических систем является использование многомерного куба данных [5, 6]. Гиперкуб выступает в роли способа представления различных показателей жизнеспособности системы в многомерной структуре, позволяющей организовать вычислительные процедуры как над ее отдельными элементами, так и над целыми их группами. Стоит отметить, что его применение встречается в научно-практической литературе при решении задач исследования жизнеспособности технических систем. Например, в работе [7] описывается структура многомерного куба данных и принцип его использования для создания системы управления жизнеспособностью кибернетических критических инфраструктур в «умном» (smart) городе.

Одной из задач выполняемой исследовательской работы является обеспечение возможности прогнозировать разные сценарии развития региональной социально-экономической системы и, соответственно, изменение ее жизнеспособности. Для ее решения предлагается использовать имитационное моделирование. Для обеспечения гибкости организации вычислительного эксперимента инициализацию управляющих параметров разрабатываемого комплекса имитационных моделей предлагается технически проводить из внешних источников данных (файлов, БД), которые должны содержать всю необходимую информацию об исследуемом сценарии функционирования системы. Внешние источники данных должны формироваться на основе специальным образом подготовленной информации, полученной из многомерного куба данных. При этом обработка данных предполагает участие эксперта, который задает для их фильтрации интересующие его критерии (в зависимости от решаемой прикладной задачи). Все операции над многомерными данными (сбор, предобработка, хранение, представление и др.) выполняет специальный программный инструмент — компонент многомерного анализа данных.

На рисунке 1 представлена схема интеграции компонента многомерного анализа данных и средства имитационного моделирования, которая предлагается в рамках текущего исследования.

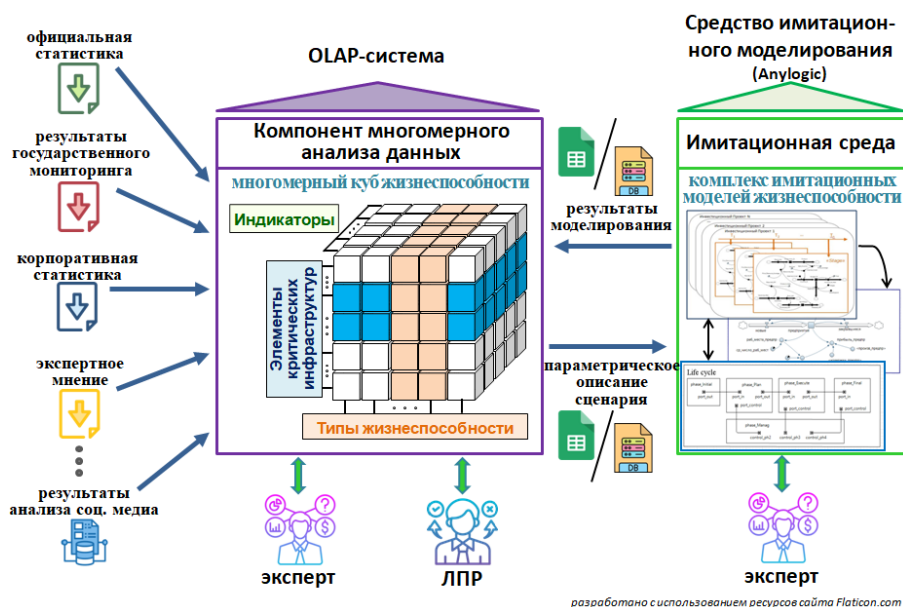


Рис. 1. Общая схема интеграции OLAP-решения и имитационной среды

В качестве имитационной среды (рис. 1) предполагается использовать инструментальное средство компьютерного моделирования Anylogic. Этим программным продуктом будет разработан комплекс имитационных моделей, позволяющий исследовать характер изменения жизнеспособности всей системы и отдельных составляющих ее подсистем в разных сценарных условиях.

В соответствии с функциональными требованиями, которым должен удовлетворять разрабатываемый программный комплекс информационно-аналитической поддержки управления жизнеспособностью региональных социально-экономических систем, был предложен способ практической реализации одного из компонентов разрабатываемого программного обеспечения. В частности, он отвечает за выполнение следующих процедур:

- сбор данных из разнородных источников;
- предварительная обработка и аккумуляция информации в едином хранилище;
- формирование многомерного куба данных по заданным правилам;
- фильтрация данных и формирование срезов куба данных по заданным критериям;
- формирование внешнего структурированного файла для передачи в другие компоненты разрабатываемого программного обеспечения.

Перечисленные выше задачи выполняются современными программными продуктами, относящимися к классу OLAP-систем. В связи с этим было решено не тратить силы и средства на разработку оригинального программного компонента, а подобрать готовое OLAP-решение из программных продуктов, представленных на российском рынке программного обеспечения.

Характеристика типового OLAP-решения

OLAP-технологии основаны на многомерных аналитических базах данных (МАБД), которые позволяют анализировать большие объемы информации из разных источников и представлять их в виде многомерных кубов [8]. Основными принципами организации работы с ними являются:

1) многомерность данных: OLAP-технологии позволяют представлять данные в многомерном пространстве, где каждое измерение (например, элемент системы, тип жизнеспособности, индикатор жизнеспособности) является осью куба данных. На базе таких операций проводится анализ по различным комбинациям измерений, создавая аналитические запросы и получая сложно структурированные отчеты;

2) агрегация данных: позволяет обобщать их на разных уровнях детализации. Например, они могут быть агрегированы по дням, месяцам, кварталам и т. д. Это обеспечивает возможность оперативно анализировать информацию и получать сводные данные;

3) динамический анализ: пользователи могут менять измерения и фильтры данных в режиме реального времени. Это позволяет проводить их детальный анализ и отображать его результаты в различных формах таких, как таблицы, диаграммы, графики и т. д.;

4) манипуляция данными: позволяет производить их суммирование, фильтрацию, сортировку и преобразование в разные форматы. Это служит операционным фундаментом для проведения анализа информации с учетом различных условий и требований [9].

Стоит отметить, что в настоящее время отделить OLAP-системы от программного обеспечения класса Business Intelligence (BI) достаточно сложно, поскольку OLAP обычно является встроенным компонентом этих программ и практически не встречается в чистом виде на рынке программных продуктов.

Традиционно OLAP-технологии разделяются на несколько типов в зависимости от алгоритма обращения с памятью [10, 11]:

- MOLAP (Multidimensional OLAP) предполагает предварительный расчет агрегации после загрузки данных, чтобы быстро отвечать на типовые запросы. Однако пересчет куба при изменении информации может занимать значительное время. Сейчас этот тип OLAP-технологии используется все реже;

- ROLAP является сложным инструментом, который преобразует запрос пользователя в режиме “online” в формат SQL и направляет его к системе управления базами данных (СУБД), а затем возвращает результат. Без использования специализированных СУБД это происходит медленно, и использование кэша неэффективно. По мнению экспертов, в настоящее время ROLAP — единственный способ работы с действительно большими объемами данных;

- in-memory OLAP подразумевает хранение данных размером до терабайта в оперативной памяти, а расчеты выполняются с помощью специального движка. Плюсом является высокая производительность и удобные визуальные интерфейсы. Но в случае, когда объем данных превышает несколько терабайт, эксперты рекомендуют рассмотреть вариант применения ROLAP. Использование такого типа OLAP технологии также нецелесообразно, если доступного объема оперативной памяти недостаточно;

- гибридный OLAP представляет собой комбинацию второго и третьего вариантов организации OLAP. «Горячие» (оперативные/краткосрочные) данные хранятся в оперативной памяти, а «холодные» (долгосрочные) — в СУБД и извлекаются по мере необходимости. Для эффективной работы этого типа OLAP требуется выбрать подходящую СУБД.

Резюмируя информацию о приведенной классификации OLAP технологий, можно сделать следующий вывод: принимая во внимание существующие ограничения аппаратной базы проводимого исследования (в первую очередь, объема оперативной памяти), рационально остановиться при выборе на двух типах OLAP — ROLAP или гибридном варианте. MOLAP не подходит, так как в исследовании предполагается использовать технологии с оперативно меняющимися данными. Рассмотрим наиболее популярные OLAP-решения на российском рынке программного обеспечения с целью выбора наиболее подходящего для задач проводимого исследования.

Краткая характеристика отечественных OLAP-решений

Loginom [12]. Программный продукт разработан российской компанией BaseGroup Labs (сейчас она известна под названием Loginom company). Первоначально была создана программа Deductor, которую впоследствии расширили и переименовали в Loginom. Она имеет возможность извлекать данные из различных систем управления базами данных и обрабатывать до 16 тыс. Гб информации. Она может выполнять различные действия с данными такие, как их трансформация, исследование, предобработка, дата-майнинг. Поддерживает языки программирования Python и JavaScript. Для некоммерческого использования предоставляется бесплатно. Обладает интуитивно понятным интерфейсом (рис. 2), поддерживает low-code разработку.

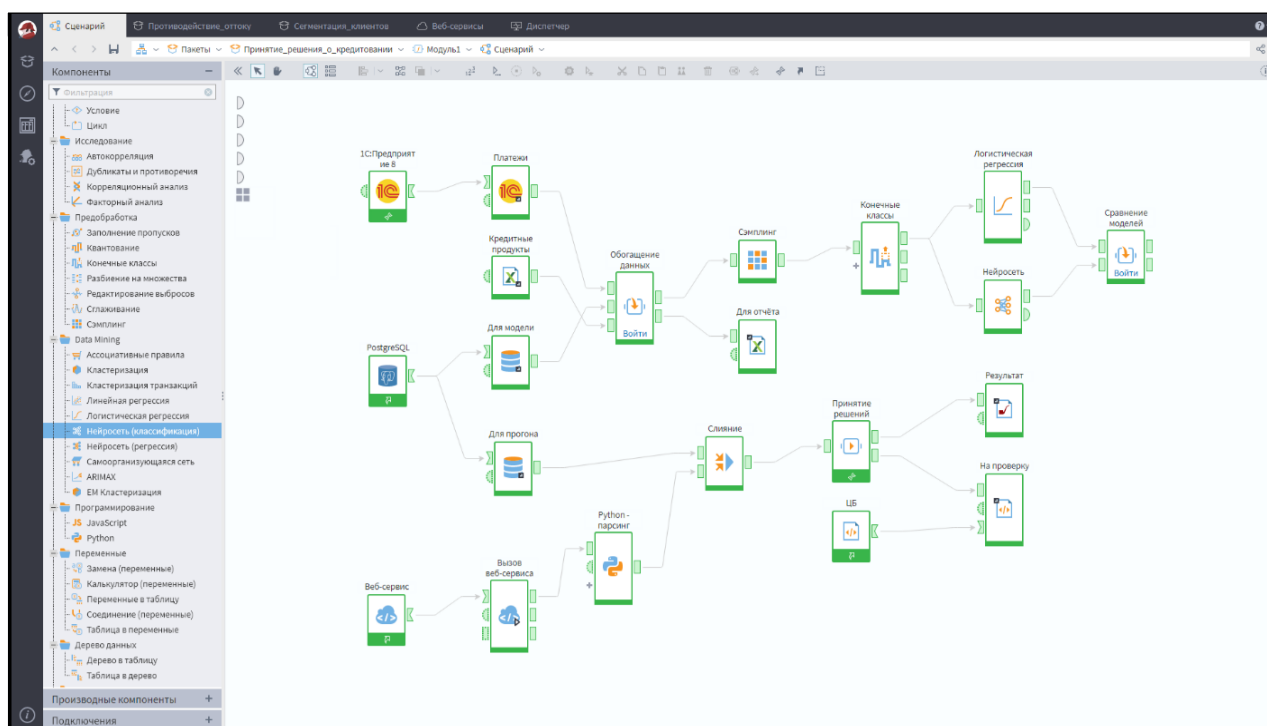


Рис. 2. Графический интерфейс платформы Loginom

«Полимастика» [13]. Данный программный продукт разработан российской компанией ООО «Полимастика Рус». Это платное программное обеспечение (ПО), но существует возможность ознакомиться с демоверсией. Продукт использует собственные технологии сжатия данных, позволяет пользователю настраивать размерности в соответствии с его запросами, не ограничивая количество

полей и позволяя производить вычисления на любом уровне детализации. Система обладает интуитивно понятным пользовательским интерфейсом (рис. 3), упрощающим взаимодействие с ней и позволяющим освоить функционал за небольшой период времени. Осуществляется поддержка экспорта данных с использованием интерфейса JDBC (Java DataBase Connectivity). Предоставляет доступ к дашбордам по ссылке и производит автоматизированную интеграцию в сторонние веб-ресурсы.

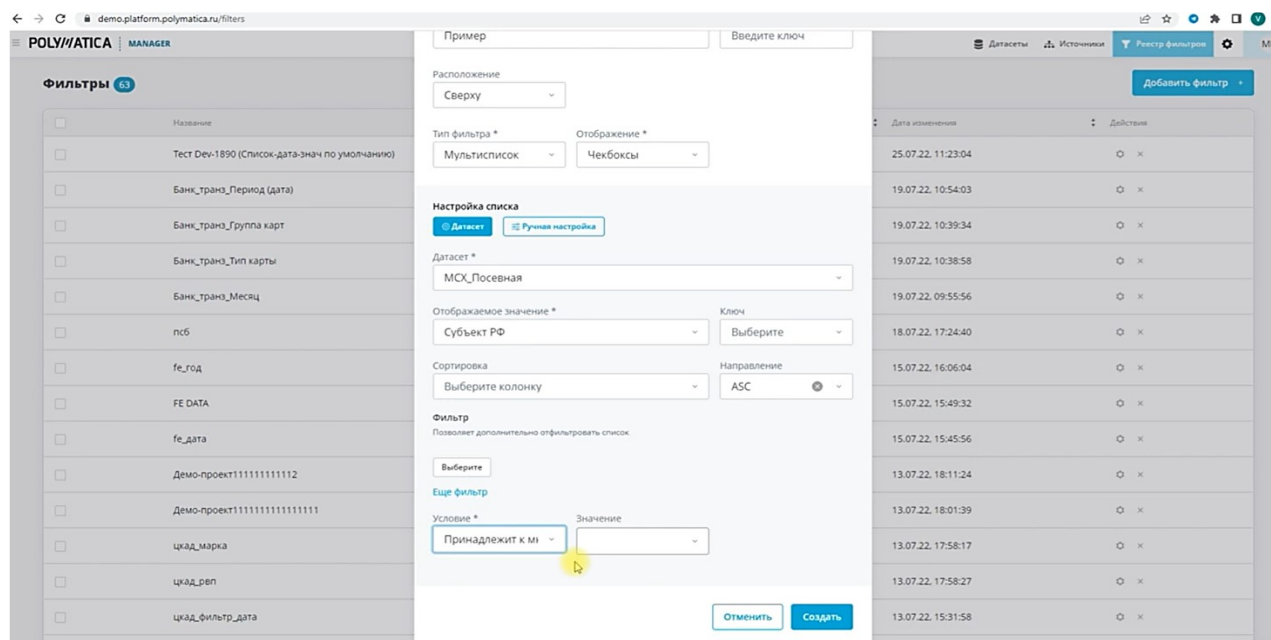


Рис. 3. Графический интерфейс платформы «Полиматика»

Turbo X [14]. Технология Turbo X создана в 1991 г. Consyst Business Group, входящей в состав конгломерата «Ланит». На ее базе возможна разработка приложений как для веб-среды, так и для десктопных устройств. Технология имеет три уровня использования:

- первый предусматривает разработку приложений на объектно-ориентированном языке программирования «с нуля»;
- второй позволяет использовать готовые инструменты разработки для сборки приложений;
- третий уровень предоставляет функционал разработки на базе бизнес-процессов.

Следует также учесть, что данная технология относится к типу OLAP in-memory. Это означает, что для ее функционирования требуется значительный объем оперативной памяти. Возможность использования Turbo X в форме облачных вычислений не обозначена. Технология позволяет осуществлять подключение сторонних веб-сервисов. Также она имеет возможность организовать свою работу в виде веб-клиента на различных браузерах. В качестве основного языка программирования используется встроенный язык ТБ.Скрипт. На рисунке 4 представлена клиент-серверная архитектура технологии Turbo X.

«Триафлай» [15]. Данное ПО разработано российской компанией «Доверенная среда», входящей в состав АО «Группа Систематика». Программный продукт реализует оригинальный метод многомерного анализа показателей через OLAP-отчеты в режиме реального времени без необходимости подготовки кубов. Предоставляется возможность получить демонстрационную версию, а стоимость ПО определяется индивидуально. Вендор заявляет, что свободно распространяемые их системные и базовые программные решения обеспечивают низкую стоимость владения ими. Архитектурно система «Триафлай» реализована в виде масштабируемого веб-приложения. Доступ пользователей ко всем функциям и ресурсам системы осуществляется через веб-интерфейс (рис. 5).

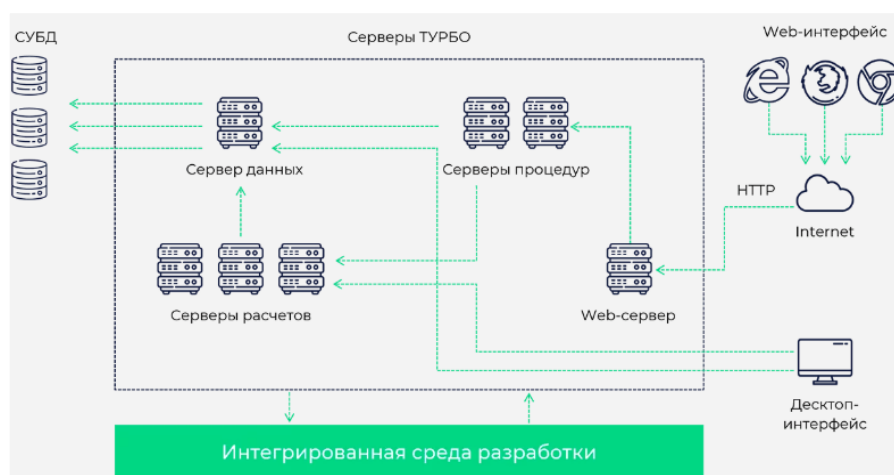


Рис. 4. Ядро: клиент-серверная архитектура платформы Turbo X



Рис. 5. Графический интерфейс платформы «Триафлай»

«МойОфис. Аналитика» [16]. Этот программный продукт разработан ООО «Новые облачные технологии» на базе ПО «Планета» от компании IBS. Служит для загрузки и преобразования данных в OLAP-кубы с построением различных моделей данных и многомерным анализом в разных срезах. Это ПО поддерживает создание аналитических панелей с помощью виджетов (графиков, кросс-таблиц, картограмм, диаграмм), фильтрует и сортирует данные в интерактивном режиме. Работает и под управлением операционной системы семейства Windows, и под отечественными операционными системами на базе Linux. Позволяет выгружать отчеты в форматах png и pdf. Является десктопным приложением, которое поставляется в пакетах продуктов «МойОфис Профессиональный» и «МойОфис Стандартный» и работает без подключения к интернету. Обладает простым и понятным интерфейсом, подходящим для специалистов любого уровня подготовки. На рисунке 6 представлен пример графического интерфейса для работы с многомерными данными в программе «МойОфис. Аналитика».

Optimacros [18]. В своей работе данный программный продукт использует механизм in-memory OLAP. Он позволяет осуществлять многомерный анализ данных в облаке или on-premise (т. е. при использовании собственной инфраструктуры и ресурсов для размещения ПО). Его разработчики

утверждают, что их продукт обладает низким порогом вхождения/освоения. Для Optimacros доступно множество инструментов для импорта/экспорта данных. Конструктор дэшбордов предоставляет возможность публикации таблиц и графиков. Для пользователей существует возможность приобрести как временную, так и бессрочную лицензию, при этом декларируется индивидуальный подход в ценообразовании. Программный продукт поддерживает использование облачных технологий. Обладает интуитивно понятным интерфейсом пользователя (рис. 7). Реализована поддержка большинства современных операционных систем, в том числе Astra Linux. Интегрируется как с зарубежными, так и с отечественными базами данных. Поддерживает широкий набор инструментов для оптимизации и аналитики данных.

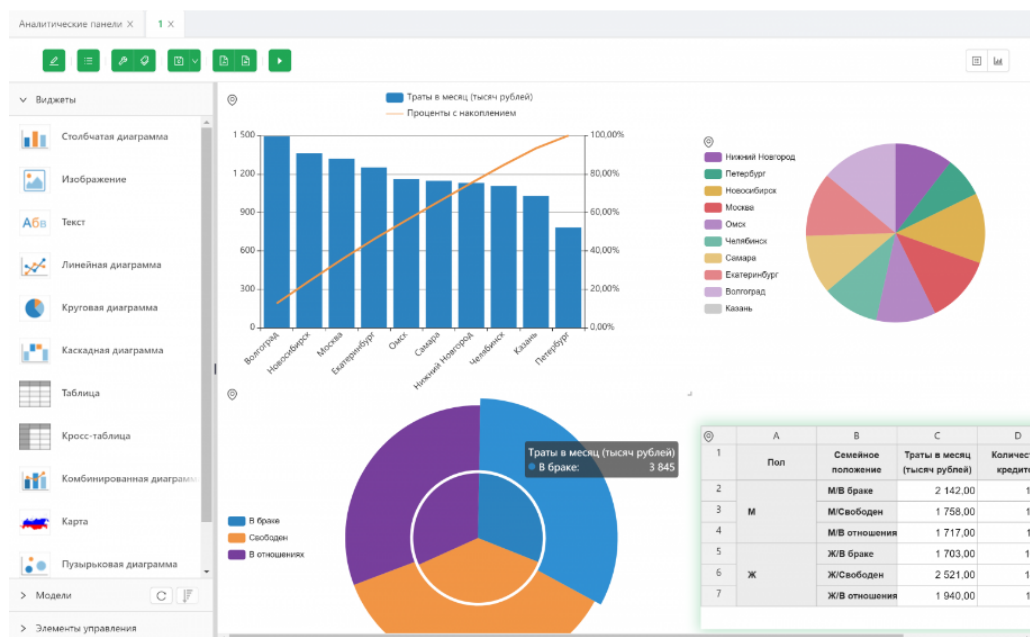


Рис. 6. Интерфейс платформы «МойОфис.Аналитика» [17]

ViQube [19]. ViQube является оригинальным компонентом корпоративной Business Intelligence платформы Visiology. Он представляет собой OLAP-систему, функционирующую в режиме in-memory. В ней аналитические разрезы представлены в виде показателей и измерений. Компонент предоставляет возможность добавлять и удалять данные в режиме реального времени. Используется бесшовная интеграция с СУБД Arenadata QuickMarts как основного источника данных. Но при желании можно настроить интеграцию с другими источниками. В приложении можно создать график обновлений, а также настроить работу с динамически изменяющимися данными через REST-интерфейс. По запросу предоставляется демодоступ к серверу (все загруженные данные удаляются в течение суток). Архитектура платформы представлена на рис. 8.

«Форсайт» [20, 21]. «Форсайт» разработан в качестве программного комплекса для интеллектуального анализа данных. Обеспечивает возможность бесплатной персональной работы с использованием десктопной версии (рис. 9). Существуют ограничения, заключающиеся в использовании только локальной базы данных SQLite. Программа доступна только для операционной системы семейства Windows. Она обладает функцией OLAP, позволяющей проводить аналитические исследования. Важно отметить, что «Форсайт» предоставляет бесплатную и постоянную (но неполную) лицензию, а также возможность использования сторонних СУБД при активации демонстрационного режима на 30 дней. Поддерживает многопользовательский доступ. Не может использоваться из публичного облака (в формате SAAS — software as a service). Возможна интеграция с MS Office и различными языками программирования, включая Java.



Рис. 7. Графический интерфейс платформы Optimacros



Рис. 8. Архитектура платформы Visiology, включающей в себя ViQube

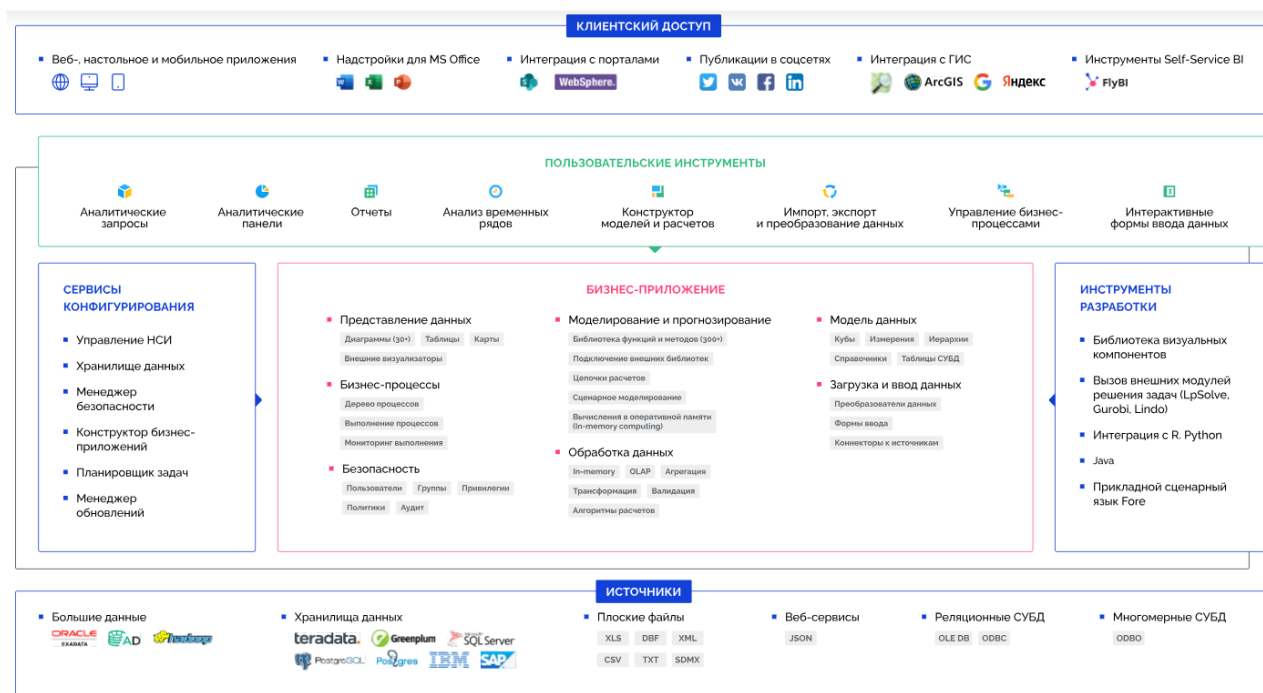


Рис. 9. Архитектура платформы «Форсайт»

Arenadata DB [22]. Данное ПО представлено на первом месте в «Круге Громова» среди аналитических систем. Оно предлагается бесплатно в десктопной версии, однако требует значительные вычислительные ресурсы, например 96 Гб свободной оперативной памяти. Осуществляется поддержка операционных системы версии CentOS 7/RHEL 7/Alt Linux SP 8, не поддерживает работу с операционной системой из семейства Windows. Аналитическая функциональность реализована в виде компонента ADCM (Arenadata Cluster Manager), требующего отдельного хоста. Работа с этой системой осуществляется через командную строку. Используется шифрование данных и соединение сервер-клиент по протоколу SSL. Реализован протокол параллельного обмена данными со сторонними системами — PXF (Platform eXtension Framework). Поддерживаются процедурные языки SQL, Python, R, Java, Perl.

«Контур-стандарт» [23]. Данный программный продукт представляет собой OLAP-клиент от российской компании Intersoft Lab. Версия «Контур Стандарт». Runtime предоставляется бесплатно. Он построен по технологии DOLAP, что подразумевает проведение операций над десктопным одноуровневым кубом данных. По сравнению с конкурентами, данное ПО обладает низким функционалом и скоростью расчетов. Его преимуществом является высокая скорость обработки запросов и низкие технические требования [24]. В основном эта программная система используется для анализа финансовых операций и составления бухгалтерской отчетности.

YDB [25]. Данный программный продукт является разработкой компании «Яндекс». Предоставляется бесплатно с открытым доступом к файлам, что позволяет любому желающему свободно ее использовать. Программное средство является системой управления базами данных и имеет собственный язык запросов YQL, который является более продвинутым вариантом SQL. Это ПО адаптировано для выполнения вычислений без сервера и в целом может использоваться в облачной среде. На настоящем этапе разработки используется в основном технология OLTP (Online Transaction Processing). Пока что в этом программном продукте OLAP-технология представлена в тестовой версии, но разработки в данном направлении ведутся. Для простоты развертывания используются Docker-контейнеры. Взаимодействие пользователя с программным продуктом осуществляется через командную строку (рис. 10).

```
$ ydb -e grpc://localhost:2135 --ca-file $(pwd)/ydb_certs/ca.pem -d /local scheme describe series
```

Name	Type	Family	Key
series_id	UInt64?		K0
title	Utf8?		

Storage settings:
Internal channel 0 commit log storage pool: hdd
Internal channel 1 commit log storage pool: hdd
Store large values in "external blobs": false

Column families:

Name	Data	Compression	Keep in memory
default	hdd	None	

Auto partitioning settings:
Partitioning by size: true
Partitioning by load: false
Preferred partition size (Mb): 2048

Рис. 10. Пользовательский интерфейс платформы YDB

Анализ отечественных OLAP-решений

В качестве критериев, используемых для выбора российского программного обеспечения класса OLAP, был сформирован список функциональных и технических характеристик. Они выделены исходя из ограничений и функциональных требований к результатам проводимого исследования и его материально-технической базе:

- наличие возможности работать с помощью облачных технологий;
- бесплатная доступность продукта для некоммерческих целей или наличие демоверсии для использования на длительное время;
- возможность экспорта в совместимые для среды имитационного моделирования Anylogic базы данных (MySQL, Oracle Database, PostgreSQL, MS Excel, MS Access, MS SQL Server) [26] или форматы, совместимые с Java (JDBS);
- визуализация данных (дашборды с графиками и диаграммами) для создания наглядного представления результатов;
- возможность потоковой аналитики динамически изменяющихся данных;
- вхождение в реестр отечественного ПО;
- необходимость поддержки Windows, поскольку на данный момент на используемом оборудовании используется данная операционная система;
- в связи с тенденциями перевода бюджетных учреждений РФ на отечественные операционные системы на базе Linux, желательна поддержка этих систем;
- желателен низкий порог вхождения, чтобы среда обладала интуитивно понятным интерфейсом и не требовала навыков программирования или работы с командной строкой;
- возможность моделирования и прогнозирования;
- возможность использования методов машинного обучения;
- возможность статистического анализа и работы с большими данными.

Для сравнительного анализа рассмотренных выше OLAP-решений их характеристики представлены в виде таблицы (табл. 1). Общей характеристикой данных программных средств является их аффилиация с компаниями РФ.

Таблица 1

Сравнительные характеристики российских OLAP-решений

Программный продукт Критерии	Loginom	YDB	«Полимастик»	Turbo X	«Триафлай»	«МойОфис»	Optimacros	ViQube	«Форсайт»	Arenadata DB	«Контур-стандарт»
Распространение											
Бесплатная версия	+	+	-	-	-	-	+	-	+	+	+
Демоверсия	-	-	+	-	+	-	+	+	+	-	+
Открытый код	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Развертывание											
Desktop	+	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Server	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Cloud	+	+	-	-	+	+	+	-	-	-	+
Поддержка Linux	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Поддержка Windows	+	+	+	+	+	+	+	+	+	-	+
Поддержка контейнеров	-	+	-	-	+	-	-	-	-	-	-
Использование различных источников данных											
PostgreSQL	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
MS SQL Server	+	-	+	+	+	-	+	+	+	+	+
Oracle	+	-	+	+	+	-	+	+	+	+	+
MS Excel	+	-	+	-	+	-	+	+	+	+	+
MongoDB	+	-	-	-	+	-	+	-	-	+	-
ODBC	+	-	+	-	-	-	+	+	+	+	+
My SQL	+	+	+	+	+	-	+	+	+	+	+
Arenadata DB	-	-	+	-	-	-	+	+	+	+	+
Hadoop	-	+	+	-	-	-	+	-	+	+	+
csv	+	-	+	-	-	-	+	-	+	+	+
S3	-	+	-	-	-	-	+	-	+	+	+
ClickHouse	-	+	-	-	-	-	+	+	+	+	+
Общие и функциональные характеристики											
Моделирование и прогнозирование	+	-	+	+	+	+	+	-	+	+	+
Входит в реестр отечественного ПО	+	-	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Низкий порог вхождения	+	-	+	-	+	+	+	+	+	-	+
Наличие API	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Машинное обучение	+	-	+	-	-	-	+	-	+	-	-
Многопользовательский доступ	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Статистический анализ	+	+	+	+	+	+	+	-	+	+	+
Анализ больших данных	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Потоковая аналитика	+	+	+	-	-	-	-	-	-	+	-
Визуализация результатов	+	-	+	+	+	+	+	-	+	+	+

Таким образом, на основе результатов сравнительного анализа OLAP-систем, представленных на российском рынке программного обеспечения, рационально выбрать Loginom. Данная система по совокупности своих функциональных и технических характеристик подходит под сформированные требования. Предполагается, что ее применение позволит использовать в качестве компонента многомерного анализа данных в связке с инструментальной средой компьютерного моделирования для получения запланированных научно-практических результатов текущего исследования.

Заключение

Научно-практические проблемы создания средств информационно-аналитической поддержки управления социально-экономическими системами все еще остаются актуальными. В качестве одного из перспективных направлений по разработке подобного рода ПО является использование концепции жизнеспособности сложных динамических систем. В данном исследовательском направлении еще много открытых фундаментальных и прикладных вопросов, требующих привлечения экспертов из разных областей знаний. Одной из ключевых задач является разработка методологических и программных средств для оценки жизнеспособности региональных социально-экономических систем. Авторы настоящей статьи для реализации процедуры комплексной оценки жизнеспособности предлагают воспользоваться методами многомерного анализа данных, в частности, OLAP-технологиями.

В этой работе предлагается общая схема интеграции программного компонента многомерного анализа данных (КМАД) с имитационной средой (ИмС), которая позволяет объединить преимущества каждого инструмента с целью реализации предсказательной функции разрабатываемой системы поддержки принятия решений в сфере управления жизнеспособностью региональных социально-экономических систем. В предложенной схеме программный компонент многомерного анализа данных отвечает за их сбор, обработку, хранение и фильтрацию на основе операции с многомерными кубами. Имитационная среда обеспечивает платформу для проведения вычислительных экспериментов по прогнозированию состояния жизнеспособности изучаемых систем. Взаимодействие между двумя этими компонентами сводится к обмену специальным образом структурированными данными: от КМАД в ИмС передается параметрическое описание сценария моделирования и ретроспективные данные; от ИмС в КМАД — результаты компьютерного моделирования.

Для практической реализации функций программного компонента многомерного анализа данных было предложено воспользоваться готовыми программными решениями класса OLAP. Для выбора OLAP-системы, наиболее подходящей под требования проводимого исследования, была сформирована система функциональных и технических критериев. При поиске и сравнительном анализе претендентов особо внимание уделялось вопросу импортозамещения ПО. На основе результатов сравнительного анализа по совокупности своих характеристик, удовлетворяющих установленным требованиям, наиболее подходящим OLAP-решением был признан Loginom.

Список источников

1. Liu H. J. et al. Conceptual framework of life-cycle performance measurement: Ensuring the resilience of transport infrastructure assets. *Transp. Res. Part D Transp. Environ.* 2019. Vol. 77. P. 615–626.
2. Rehak D., Senovsky P., Slivkova S. Resilience of Critical Infrastructure Elements and Its Main Factors. *Systems* // *Journal: Systems*. 2018. Vol. 6, no. 2. 21. <https://doi.org/10.3390/systems6020021>.
3. Wang C., Blackmore J. Resilience Concepts for Water Resource Systems // *Journal of Water Resources Planning and Management*. 2009. No. 135(6), pp. 528–536. doi:10.1061/(ASCE)0733-9496(2009)135:6(528).
4. Quanyan Zhu, Dong Wei, Kun Ji. Hierarchical Architectures of Resilient Control Systems: Concepts, Metrics, and Design Principles. 32 p. URL: <https://www.taylorfrancis.com/chapters/edit/10.1201/b19629-11/hierarchical-architectures-resilient-control-systems-concepts-metrics-design-principles-quanyan-zhu-dong-wei-kun-ji/> (дата обращения: 26.10.2023).
5. Халиуллина Д. Н., Быстров В. В. Теоретические основы оценки жизнеспособности региональных социально-экономических систем // *Труды Кольского научного центра РАН. Серия: Технические науки*. 2022. Т. 13, № 2. С. 78–92. doi:10.37614/2949-1215.2022.13.2.007.

6. Khaliullina D. N., Bystrov V. V. The Conception of Assessing the Resilience of Critical Infrastructures of Regional Socio-economic Systems. *Lecture Notes in Networks and Systems*, 2023, vol. 597. pp. 539–553. https://doi.org/10.1007/978-3-031-21438-7_43
7. Jovanovic A. S., Schmid N., Klimek P. and Choudhary A. Use of Indicators for Assessing Resilience of Smart Critical Infrastructures // *Resource Guide on Resilience*. 2016. Lausanne: EPFL International Risk Governance Center // <https://irgc.org/wp-content/uploads/2018/09/Jovanovic-Schmid-Klimek-Choudhary-Use-of-Indicators-for-Assessing-Resilience-of-Smart-Infrastructures.pdf> (дата обращения: 26.10.2023).
8. Оганнесян Д. А. Сравнительный анализ производительности запросов в OLTP- и OLAP-системах // *Прикладная математика и информатика: современные исследования в области естественных и технических наук: мат-лы VI Междунар. науч.-практич. конф. (школы-семинара) молодых ученых (Тольятти, 23–25 апр. 2020 г.)*. Тольятти: Тольяттинский гос. ун-т, 2020. С. 624–629.
9. Кудрявцев Ю. OLAP-технологии: обзор решаемых задач и исследований // *Бизнес-информатика*. 2008. № 1.
10. Молчанов А. Н., Бурмистров А. В., Гришунов С. С., Чухраев И. В. Разработка ROLAP-модуля информационной системы высшего учебного заведения // *Известия ТулГУ. Технические науки*. 2017. № 5.
11. Visiology: Что под капотом у BI? Детальный разбор технологии In-Memory OLAP. [Электронный ресурс]. URL: <https://habr.com/ru/companies/visiology/articles/526390/> (дата обращения: 09.10.2023).
12. Loginom Company. [Электронный ресурс]. URL: <https://basegroup.ru/> (дата обращения: 09.10.2023).
13. Polymatica. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.polymatica.ru/> (дата обращения: 09.10.2023).
14. ТУРБО. [Электронный ресурс]. URL: <https://turbosolution.ru/> (дата обращения: 09.10.2023).
15. Триафлай. [Электронный ресурс]. URL: <https://triafly.ru/> (дата обращения: 09.10.2023).
16. Ирисофт: каталог программных продуктов, МойОфис Аналитика. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.irisoft.ru/software-solutions/mojofis-analitika/> (дата обращения: 09.10.2023).
17. «МойОфис Аналитика»: изучаем отечественное ПО для анализа и визуализации данных. [Электронный ресурс]. URL: <https://habr.com/ru/companies/ncloudtech/articles/595555/> (дата обращения: 09.10.2023).
18. Optimacros. [Электронный ресурс]. URL: <https://optimacros.com/> (дата обращения: 09.10.2023).
19. Visiology. [Электронный ресурс]. URL: <https://ru.visiology.su/products/viqube> (дата обращения: 09.10.2023).
20. Форсайт. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.fsight.ru/> (дата обращения: 09.10.2023).
21. Шимановский К. В. Импортзамещение в области программного обеспечения бизнес-аналитики // *Международный журнал прикладных наук и технологий «Integral»*. 2022. № 2.
22. Arenadata. [Электронный ресурс]. URL: <https://arenadata.tech/> (дата обращения: 09.10.2023).
23. Intersoftlab: risk-based corporate performance management. [Электронный ресурс]. URL: <https://iso.ru/ru/> (дата обращения: 09.10.2023).
24. Пароменков В. О., Огур М. В., Астапчик Н. И. OLAP-технология // *Инженерно-педагогическое образование в XXI веке: мат-лы XII Республиканской науч.-практич. конф. молодых ученых и студентов БНТУ (72-й студенческой научно-технической конференции БНТУ) (Минск, 19–20 мая 2016 г.): в 2 ч. / Белорусский нац. техн. ун-т; редкол.: С. А. Иващенко и др. Минск, 2016. Ч. 1. С. 68–72*.
25. YDB. [Электронный ресурс]. URL: <https://ydb.tech/ru> (дата обращения: 09.10.2023).
26. Anylogic: Импорт из внешней базы данных — пошаговое руководство. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.anylogic.ru/blog/import-iz-vneshney-bazy-dannykh-poshagovoe-rukovodstvo/> (дата обращения: 09.10.2023).

References

1. Liu H. J. et al. Conceptual framework of life-cycle performance measurement: Ensuring the resilience of transport infrastructure assets. *Transp. Res. Part D Transp. Environ*, 2019, vol. 77, pp. 615–626.
2. Rehak D.; Senovsky, P.; Slivkova, S. Resilience of Critical Infrastructure Elements and Its Main Factors. *Systems. Journal: Systems*, 2018, vol. 6, no. 2, pp. 21, <https://doi.org/10.3390/systems6020021>.

3. Wang C., Blackmore J. Resilience Concepts for Water Resource Systems. *Journal of Water Resources Planning and Management*, 2009, no. 135(6), pp. 528–536, doi: 10.1061/(ASCE)0733-9496(2009)135:6(528).
4. Quanyan Zhu, Dong Wei, Kun Ji: Hierarchical Architectures of Resilient Control Systems: Concepts, Metrics, and Design Principles. 32 p. Available at: <https://www.taylorfrancis.com/chapters/edit/10.1201/b19629-11/hierarchical-architectures-resilient-control-systems-concepts-metrics-design-principles-quanyan-zhu-dong-wei-kun-ji/> (accessed: 26.10.2023).
5. Khaliullina D. N., Bystrov V. V. Teoreticheskie osnovy ocenki zhiznesposobnosti regional'nyh social'no-jekonomicheskikh system [Theoretical foundations for assessing the reliability of regional socio-economic systems]. *Trudy Kol'skogo nauchnogo centra RAN* [Proceedings of the Kola Scientific Center of the Russian Academy of Sciences], 2022, vol. 13, no. 2. pp. 78–92, doi:10.37614/2949-1215.2022.13.2.007. (In Russ.).
6. Khaliullina, D. N., Bystrov, V. V. The Conception of Assessing the Resilience of Critical Infrastructures of Regional Socio-economic Systems. *Lecture Notes in Networks and Systems*, 2023, vol. 597, pp. 539–553, https://doi.org/10.1007/978-3-031-21438-7_43.
7. Jovanovic A. S., Schmid N., Klimek P. and Choudhary A. Use of Indicators for Assessing Resilience of Smart Critical Infrastructures. Chapter In: *Resource Guide on Resilience*. 2016. Lausanne: EPFL International Risk Governance Center. Available at: <https://irgc.org/wp-content/uploads/2018/09/Jovanovic-Schmid-Klimek-Choudhary-Use-of-Indicators-for-Assessing-Resilience-of-Smart-Infrastructures.pdf> (accessed: 26.10.2023).
8. Ogannesjan D. A. Sravnitel'nyj analiz proizvoditel'nosti zaprosov v OLTP- i OLAP-sistemah [Comparative analysis of query performance in OLTP and OLAP systems]. *Prikladnaja matematika i informatika: sovremennye issledovaniya v oblasti estestvennyh i tehnikeskikh nauk: mat-ly VI Mezhdunar. nauch.-praktich. konf. (shkoly-seminara) molodyh uchenykh (Tol'yatti, 23–25 apr. 2020 g.)*. [Applied mathematics and computer science: modern research in the field of natural and technical sciences: Proceedings of the VI International Scientific and Practical Conference (school-seminar) of young scientists (Tolyatti, April 23–25, 2020)]. Tol'yatti, Tol'yattinskij gos. un-t, 2020, pp. 624–629. (In Russ.).
9. Kudrjavcev Ju. OLAP-tehnologii: obzor reshaemyh zadach i issledovanij [OLAP technologies: overview of solved problems and research]. *Biznes-informatika* [Business Informatics], 2008, no. 1. (In Russ.).
10. Molchanov A. N., Burmistrov A. V., Grishunov S. S., Chuhraev I. V. Razrabotka ROLAP-modulja informacionnoj sistemy vysshego uchebnogo zavedeniya [Development of a ROLAP module for an information system of a higher educational institution]. *Izvestija TulGU. Tehnicheskie nauki* [News of Tula State University. Technical science], 2017, no. 5. (In Russ.).
11. *Official blog of the company Visiology: Chto pod kapotom u BI? Detal'nyj razbor tehnologii In-Memory OLAP* [What's under the hood of BI? Detailed analysis of In-Memory OLAP technology]. (In Russ.) Available at: <https://habr.com/ru/companies/visiology/articles/526390/> (accessed: 09.10.2023).
12. Loginom Company. (In Russ.). Available at: <https://basegroup.ru/> (accessed: 09.10.2023).
13. Polymatica. (In Russ.). Available at: <https://www.polymatica.ru/> (accessed: 09.10.2023).
14. TURBO. (In Russ.). Available at: <https://turbosolution.ru/> (accessed: 09.10.2023).
15. Triaflaj. (In Russ.). Available at: <https://triafly.ru/> (accessed: 09.10.2023).
16. *Irisoft: katalog programmnyh produktov, MojOfis Analitika* [Irisoft: catalog of software products, MyOffice Analytics]. (In Russ.). Available at: <https://www.irisoft.ru/software-solutions/mojofis-analitika/> (accessed: 09.10.2023).
17. *Official blog of the company MojOfis: "MojOfis Analitika": izuchaem otechestvennoe PO dlja analiza i vizualizacii dannyh* ["MojOfis Analitika": studying domestic software for data analysis and visualization]. (In Russ.). Available at: <https://habr.com/ru/companies/ncloudtech/articles/595555/> (accessed: 09.10.2023).
18. Optimacros. (In Russ.). Available at: <https://optimacros.com/> (accessed: 09.10.2023).
19. Visiology. (In Russ.). Available at: <https://ru.visiology.ru/products/viqube> (accessed: 09.10.2023).
20. Forsajt. (In Russ.). Available at: <https://www.fsight.ru/> (accessed: 09.10.2023).
21. Shimanovskij K. V. Importozameshhenie v oblasti programmnoho obespecheniya biznes-analitiki [Import substitution in the field of business analytics software]. *Mezhdunarodnyj zhurnal prikladnyh nauk i tehnologij "Integral"* [International Journal of Applied Sciences and Technologies "Integral"], 2022, no. 2. (In Russ.).

22. Arenadata. (In Russ.). Available at: <https://arenadata.tech/> (accessed: 09.10.2023).
23. Intersoftlab. (In Russ.). Available at: <https://iso.ru/ru/> (accessed: 09.10.2023).
24. Paromenkov V. O., Ogur M. V., Astapchik N. I. OLAP-tehnologija [OLAP technology]. *Inzhenerno-pedagogicheskoe obrazovanie v XXI veke: mat-ly XII Respublikanskoj nauch.-praktich. konf. molodyh uchennyh i studentov BNTU (72-j studencheskoj nauchno-tehnicheskoy konferencii BNTU)* [Engineering and pedagogical education in the XXI century: materials of the XII Republican scientific and practical conference of young scientists and students of BNTU (72nd student scientific and technical conference of BNTU)]. Minsk, 2016, no. 1, pp. 68–72. (In Russ.).
25. YDB. (In Russ.). (In Russ.). Available at: <https://ydb.tech/ru> (accessed: 09.10.2023).
26. *Official website of Anylogic: Import iz vneshnej bazy dannyh — poshagovoe rukovodstvo* [Importing from an External Database — Step by Step Guide]. (In Russ.). Available at: <https://www.anylogic.ru/blog/import-iz-vneshney-bazy-dannykh-poshagovoe-rukovodstvo/> (accessed: 09.10.2023).

Информация об авторах

Е. О. Неупокоева — стажер-исследователь;

В. В. Быстров — кандидат технических наук, ведущий научный сотрудник.

Information about the authors

E. O. Neupokoeva — Trainee Researcher;

V. V. Bystrov — Candidate of Science (Tech.), Lead Research Fellow.

Статья поступила в редакцию 16.10.2023; одобрена после рецензирования 01.11.2023; принята к публикации 08.11.2023.
The article was submitted 16.10.2023; approved after reviewing 01.11.2023; accepted for publication 08.11.2023.