

УДК 681.3

DOI: [10.26102/2310-6018/2024.45.2.046](https://doi.org/10.26102/2310-6018/2024.45.2.046)

## Реализация компонентов мониторинговой среды для управления многофункциональными интеллектуальными системами

П.Ю. Гусев✉, А.Д. Данилов, Д.В. Лебедев

*Воронежский государственный технический университет, Воронеж,  
Российская Федерация*

**Резюме.** Работа посвящена формированию принципов построения компонентов мониторинговой среды для управления многофункциональными интеллектуальными системами. Обоснована актуальность исследуемой тематики, поставлены цель и задачи работы. Выделена задача формирования системы показателей, описывающих работу системы, как ключевая задача при формировании мониторинговой среды. Описаны 3 этапа, определяющие формирование системы показателей от показателей эффективности системы к показателям деятельности отдельных элементов. Предложена система показателей для мониторинговой среды в виде иерархической структуры с 3 уровнями: уровень критериев эффективности, уровень показателей деятельности, уровень комбинации видов ресурсов и видов деятельности. Предложены алгоритмы сбора и формирования наборов данных. Алгоритм формирования набора данных для мониторинговой среды предусматривает получение данных из разных источников. Задача алгоритма сбора данных – подготовка наборов данных для последующей обработки и получения значений, требуемых мониторинговой средой. При сборе данных рассмотрены различные подходы к формированию целевых наборов данных. Для определения соответствий между функциональными направлениями, ресурсами, видами деятельности, подразделениями и исполнителями приложен алгоритм формирования справочников соответствий. Предложена архитектура веб-приложения как одной из форм реализации мониторинговой среды. На примере использования фреймворка Next.js описаны компоненты архитектуры приложения и представлена схема архитектуры.

**Ключевые слова:** управление, данные, мониторинг, архитектура, алгоритм, интеллектуальные системы.

**Для цитирования:** Гусев П.Ю., Данилов А.Д., Лебедев Д.В. Реализация компонентов мониторинговой среды для управления многофункциональными интеллектуальными системами. *Моделирование, оптимизация и информационные технологии*. 2024;12(2). URL: <https://moitvvt.ru/ru/journal/pdf?id=1611> DOI: 10.26102/2310-6018/2024.45.2.046

## Implementation of monitoring environment components for managing multifunctional intelligent systems

P.Y. Gusev✉, A.D. Danilov, D.V. Lebedev

*Voronezh State Technical University, Voronezh, the Russian Federation*

**Abstract.** The work is devoted to the formation of principles for constructing components of a monitoring environment for managing multifunctional intelligent systems. The relevance of the topic under study is substantiated, the goal and objectives of the work are set. The task of forming a system of indicators describing the operation of the system is highlighted as a key task in the formation of a monitoring environment. Three stages are described that determine the formation of a system of indicators from system performance indicators to performance indicators of individual elements. A system of indicators for the monitoring environment is proposed in the form of a hierarchical structure with 3 levels: the level of performance criteria, the level of performance indicators, the level of a

combination of types of resources and types of activities. Algorithms for collecting and generating data sets are proposed. The algorithm for generating a data set for the monitoring environment involves obtaining data from different sources. The task of the data collection algorithm is to prepare data sets for subsequent processing and obtain the values required by the monitoring environment. When collecting data, various approaches to generating target data sets may be considered. To determine the correspondence between functional areas, resources, types of activities, divisions and performers, an algorithm for generating correspondence directories is attached. The architecture of a web application is proposed as one of the forms of implementation of the monitoring environment. Using the example of using the Next.js framework, the components of the application architecture are described and an architecture diagram is presented.

**Keywords:** management, data, monitoring, architecture, algorithm, intelligent systems.

**For citation:** Gusev P.Y., Danilov A.D., Lebedev D.V. Implementation of monitoring environment components for managing multifunctional intelligent systems. *Modeling, optimization and information technology*. 2024;12(2). URL: <https://moitvvt.ru/ru/journal/pdf?id=1611> DOI: 10.26102/2310-6018/2024.45.2.046 (In Russ.).

## Введение

Современная система управления представляет собой глубоко интегрированную с инструментами и методами цифровизации и интеллектуализации структуру. Интеллектуальные цифровые инструменты выступают основой как для достижения целей работы системы, так и для управления системой в целом. Дополнительно, интеллектуальные инструменты непосредственно формируют и поддерживают функциональные направления деятельности системы. Подобный класс систем представлен и описан в работе [1].

Одним из ключевых компонентов многофункциональной интеллектуальной системы (МФИС) является мониторинговая среда. Целевое назначение мониторинговой среды – повышение эффективности управления и прозрачности контроля процессов деагрегации и управления всей системой. Мониторинговая среда обеспечивает постоянный контроль показателей, характеризующих работу различных направлений МФИС, и формирует их визуальное представление. Визуальное представление информации обеспечивает принятие эффективных управленческих решений [2]. Согласно схеме обмена данными в МФИС – их хранение происходит в едином информационном пространстве [3]. Несмотря на наличие единого информационного пространства в МФИС, в реальных системах данные могут храниться в разных источниках.

С учетом актуальности формирования мониторинговой среды поставлена цель работы – повышение достоверности информации для принятия решений в МФИС путем формирования методов работы мониторинговой среды.

Для достижения поставленной цели необходимо решить следующие задачи:

1. Сформировать систему показателей для мониторинговой среды в виде иерархической структуры.
2. Разработать алгоритмы сбора и обработки данных для мониторинговой среды.
3. Предложить архитектуру программной реализации мониторинговой среды на практическом примере.

## Формирование системы показателей мониторинговой среды

Достижение целевого функционала напрямую влияет на форматы представления данных мониторинговой среды. В зависимости от форматов представления данных,

необходимых в управляющей среде, проводится подбор источников данных и выстраивается архитектура сбора, обработки и хранения данных [4–5].

Большая трудоемкость при построении системы мониторинга закладывается в работу с данными. Однако целесообразным решением при проектировании мониторинговой среды является проектирование «сверху-вниз» [6]. При данном подходе проектирование ведется от целевого образа формируемой мониторинговой среды. Несмотря на различия функциональных направлений при рассмотрении различных типов МФИС, сформирована общая схема мониторинговой среды.

В первую очередь, выделяются критерии эффективности всей системы. Критерии эффективности системы представлены на верхнем уровне мониторинговой среды и задают требования к показателям эффективности других иерархических уровней управления. Верхний уровень мониторинговой среды агрегирует данные функциональных направлений, поддерживаемых цифровыми сервисами трансфера управленческих решений в деятельностьную среду.

Второй этап – определение показателей выполнения управленческих решений, передаваемых через функциональные направления в деятельностьную среду. Для этого определяется влияние каждого вида деятельности деятельностьной среды на показатель эффективности всей системы. Все показатели ранжируются по степени влияния на показатели эффективности и отбираются показатели, оказывающие существенное влияние.

Третий этап – анализ каждого вида деятельности и объема затраченных ресурсов на показатели выполнения управленческих решений. Для этого анализируется каждый вид деятельности и каждый вид ресурса и определяется степень влияния их комбинации на показатель выполнения управленческих решений, передаваемых через функциональные направления.

Таким образом формируется система показателей для мониторинговой среды в виде иерархической структуры с 3 уровнями:

1. Уровень критериев эффективности работы системы.
2. Уровень показателей выполнения управленческих решений, передаваемых через цифровой трансфер в деятельностьную среду.
3. Уровень комбинации видов ресурсов и видов деятельности на выполнение управленческих решений, передаваемых через цифровой трансфер в деятельностьную среду.

Сформированная система показателей применима как для иерархических систем управления, так и для систем управления с плоской структурой [7]. Выделенные критерии и показатели в этих двух случаях распределяются между подразделениями, реализующими функциональные направления и осуществляющими выполнение заданного объема деятельности.

### **Алгоритмы сбора и обработки данных мониторинговой среды**

Полученные показатели позволяют определить источники данных, необходимые для формирования мониторинговой среды. В МФИС, как правило, эти данные хранятся в единой информационной системе, обеспечивающей обмен данными между всеми средами интеллектуальной системы. Однако, следует отметить, что уровень зрелости систем может отличаться и, в некоторых случаях, данные могут быть представлены как на файловом уровне, так и в ряде систем, не интегрированных друг с другом.

Часть данных может храниться в государственных информационных системах (ГИС) [8]. В таких случаях следует ориентироваться на протоколы взаимодействия и обмена данными с ГИС. Для МФИС, представленных государственными компаниями

или учреждениями, важными данными выступают результаты мониторингов и рейтингов, содержащиеся как в открытых источниках сети интернет, так и в закрытых отчетах.

При сборе данных для мониторинговой среды возможно использовать два подхода к формированию целевых наборов данных:

- формирование целевого набора данных в процессе сбора данных из разных источников;
- двухэтапное формирование набора данных: сбор данных в хранилище данных, формирование целевого набора данных.

В случае МФИС выбран второй подход. Это объясняется описанными уже источниками данных. Ввиду их разнородности при формировании целевых наборов данных во время сбора данных – процесс трудоемкий, т. к. целевой набор данных может содержать информацию, получаемую из разных источников [9]. При этом разные показатели 3 уровней формируются из разных комбинаций источников данных.

Алгоритм сбора данных для МФИС предполагает автоматический процесс сбора данных. Однако, учитывая различный уровень цифровой зрелости существующих систем, предусматривает получение выгрузки данных в автоматизированном режиме. Алгоритм сбора данных для мониторинговой среды МФИС состоит из следующих шагов:

1. Формирование наборов данных из единого информационного пространства МФИС в автоматизированном режиме.
2. Автоматическое получение наборов данных из единого информационного пространства МФИС.
3. Получение данных из ГИС по утвержденным протоколам обмена.
4. Сбор данных из открытых источников, описывающих работу МФИС.
5. Автоматический сбор данных с сайта организации, представляющей собой МФЦС.
6. Перемещение собранных данных в хранилище для дальнейшей обработки.

Описанный алгоритм учитывает возможные источники данных, которые могут потребоваться для формирования мониторинговой среды, а также для коррекции управленческих решений.

Следующий этап после сбора данных – предварительная обработка данных и формирование целевых наборов данных. После предварительной обработки данных осуществляется процесс формирования целевых наборов данных. Целевые наборы данных представляются в различных типах данных, но любой тип данных можно поместить в табличную форму. Таким образом, обеспечивается единообразие дальнейшего использования формируемых данных.

В случае рассмотрения данных из единого информационного пространства МФИС можно выделить основные показатели, характеризующие ее деятельность. Эти показатели состоят из: функциональных направлений; объема затраченных ресурсов; объема деятельности; подразделений, осуществляющих выполнение объема деятельности; исполнителей, осуществляющих выполнение объема деятельности; показателей работы исполнителей и подразделений; информации о подразделениях и исполнителях, обеспечивающей формирование требуемых наборов данных.

Для определения соответствий между функциональными направлениями, ресурсами, видами деятельности, подразделениями и исполнителями, формируются справочники соответствий. Справочник соответствий обновляется автоматически при получении нового набора исходных данных. Для обновления справочника соответствий производится следующий алгоритм действий:

1. Загружается текущий справочник соответствий.
2. Из актуальных на текущую дату наборов данных выбирается соответствие подразделения функциональному направлению.
3. Из актуальных на текущую дату наборов данных выбираются виды деятельности, соответствующие функциональному направлению.
4. Формируется справочник соответствий «функциональное направление – вид деятельности – подразделение».
5. Записывается актуальное состояние справочника соответствий.

### **Архитектура программной реализации мониторинговой среды**

В качестве примера МФИС для разработки архитектуры программной реализации мониторинговой среды выбран университет как один из представителей класса МФИС.

Веб-приложение, как форма реализации мониторинговой среды, должно содержать страницы, позволяющие получить необходимую информацию о подразделениях университета. К основным подразделениям относятся факультеты и кафедры. Поэтому помимо главной страницы необходимо создать страницы каждого подразделения.

Формирование архитектуры осуществлялось с привязкой к функциональным возможностям фреймворка Next.js, который предоставляет возможность создавать динамические пути, избежать дублирования одинаковой разметки страниц, лишь изменяя ее наполнение данными в зависимости от динамически переданного параметра [7]. Используя эту возможность, организованы динамические пути факультета и кафедры, получаемые динамическим параметром идентификаторы соответствующего подразделения. Для этого в проекте созданы директории «faculties» и «departments», а затем внутри каждой из них созданы директории «[id]».

Клиентская часть веб-приложения использует модули из директории «utils». Директория содержит такие модули, как:

- «api-utils.js» – модуль с функциями, реализующими отправку запросов на сервер и получение ответа;
- «chart-utils.js» – модуль с функциями, необходимыми для отображения графиков на веб-странице;
- «data-utils.js» – модуль с функциями для формирования объектов с данными, необходимыми для отображения страницы.
- Рассмотрим модуль «data-utils.js», который содержит следующие функции:
  - «getTotalData» – функция не принимает аргументов, отправляет запрос на получение общей информации по вузу и общего количества студентов, помещает полученные данные в ключи объекта и возвращает этот объект;
  - «getFaculty» – принимает идентификатор факультета, отправляет запросы на получение информации о факультете, данных о количестве студентов, уровнях образования и количестве студентов по уровню образовательной программы, размещает информацию в возвращаемом объекте;
  - «getDepartment» – принимает идентификатор кафедры, по аналогии с предыдущими функциями, отправляет запросы на получение данных, необходимых к отрисовке в пользовательском интерфейсе и возвращает объект;
  - «getDepartmentsMeanAge» и «getDepartmentsMeanSalary» отправляют запросы на получение средних зарплат и возраста по кафедре и возвращают отсортированный по убыванию массив.

Итоговая диаграмма модулей клиентской части изображена на Рисунке 1.

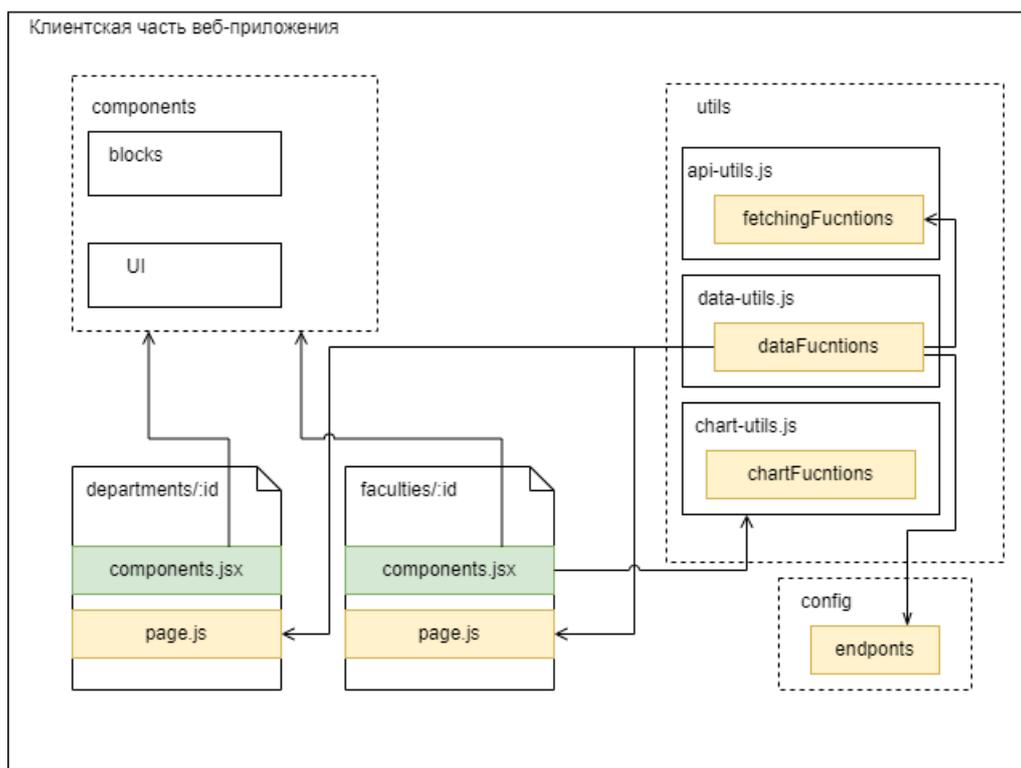


Рисунок 1 – Диаграмма модулей клиентской части приложения  
Figure 1 – Schematic diagram of the functioning of data stewards

Таким образом, клиентская часть веб-приложения для мониторинга показателей работы университета содержит все необходимые модули для получения, конфигурирования и отображения данных на графиках, а также модули для отрисовки пользовательского интерфейса и получения данных в текстовом формате.

### Заключение

МФИС представляет собой многослойную многокомпонентную систему, требующую разработки новых подходов к мониторингу показателей и их использованию в принятии решений. Разработка единой методологии построения мониторинговой среды обеспечит возможность сквозного использования данных, формируемых как в управленческой среде, так и при непосредственном выполнении объема деятельности.

Наиболее важными этапами при формировании мониторинговой среды являются сбор, обработка и подготовка данных. Алгоритмизация осуществления этих этапов позволяет сформировать единообразный подход к построению мониторинговой среды и использованию данных. Несмотря на то, что практическая реализация мониторинговой среды может быть уникальна для каждой системы, существуют общие архитектурные решения для ее организации.

### СПИСОК ИСТОЧНИКОВ / REFERENCES

1. Гусев П.Ю., Львович Я.Е. Структуризация многофункциональной цифровизированной системы и управление ею на основе оптимизационных моделей дезагрегации ресурсов и объемов деятельности. *Моделирование, оптимизация и информационные технологии*. 2023;11(4). <https://doi.org/10.26102/2310-6018/2023.43.4.004>

- Gusev P.Yu., Lvovich Ya.E. Structuring of a multifunctional digitalized system and managing it using optimization models of disaggregation of resources and volumes of activity. *Modelirovanie, optimizatsiya i informatsionnye tekhnologii = Modeling, Optimization and Information Technology*. 2023;11(4). (In Russ.). <https://doi.org/10.26102/2310-6018/2023.43.4.004>
2. Terekhov V.I. et al. Cognitive Visualization in Management Decision Support Problems. *Optical Memory and Neural Networks*. 2019;28(1):27–35. <https://doi.org/10.3103/s1060992x19010089>
3. Гусев П.Ю. Систематизация и управление доступом к данным в многофункциональной цифровизированной системе. *Моделирование, оптимизация и информационные технологии*. 2023;11(4). <https://doi.org/10.26102/2310-6018/2023.43.4.025>  
Gusev P.Y. Systematization and management of access to data in a multifunctional digitalized system. *Modelirovanie, optimizatsiya i informatsionnye tekhnologii = Modeling, Optimization and Information Technology*. 2023;11(4). (In Russ.). <https://doi.org/10.26102/2310-6018/2023.43.4.025>
4. Еремеев А.П., Панявин Н.А. Унификация модели представления данных и преобразование форматов на основе нереляционной СУБД Neo4j. *Программные продукты и системы*. 2022;(4):549–556. <https://doi.org/10.15827/0236-235X.140.549-556>  
Eremeev A.P., Paniavin N.A. Unification of a data presentation model and format conversion based on a non-relational Neo4j DBMS. *Programmnye produkty i sistemy = Software & Systems*. 2022;(4):549–556. (In Russ.). <https://doi.org/10.15827/0236-235X.140.549-556>
5. Нефедьева К.В. Инфографика – визуализация данных в аналитической деятельности. *Труды Санкт-петербургского государственного университета культуры и искусств*. 2013;197:89–93.  
Nefed'eva K.V. Infografika – vizualizatsiya dannykh v analiticheskoi deyatel'nosti. *Trudy Sankt-peterburgskogo gosudarstvennogo universiteta kul'tury i iskusstv = Proceedings of the St. Petersburg State University of Culture and Arts*. 2013;197:89–93. (In Russ.).
6. Чикрин Д.Е., Егорчев А.А. Сравнение методологий проектирования сверху-вниз и снизу-вверх при разработке систем ADAS. *Известия ЮФУ. Технические науки*. 2021;(2):189–199. <https://doi.org/10.18522/2311-3103-2021-2-189-199>  
Chickrin D.E., Egorchev A.A. Top-down VS Bottom-up methodologies for ADAS system design. *Izvestiya YuFU. Tekhnicheskie nauki = Izvestiya SFedU. Engineering Sciences*. 2021;(2):189–199. (In Russ.). <https://doi.org/10.18522/2311-3103-2021-2-189-199>
7. Самарин И.В. О целесообразности иерархии в системе стратегического планирования и управления крупным предприятием. *Инновации и инвестиции*. 2014;(8):109–114.  
Samarin I.V. O tselesoobraznosti ierarkhii v sisteme strategicheskogo planirovaniya i upravleniya krupnym predpriatiem. *Innovatsii i investitsii*. 2014;(8):109–114. (In Russ.).
8. Бурый А.С. Совершенствование государственных информационных систем как тренд цифрового общества. *Правовая информатика*. 2020;(3):19–28.  
Buryi A. Improving government information systems as a digital society trend. *Pravovaya informatika = Legal Informatics*. 2020;(3):19–28. (In Russ.).

9. Шибанов С.В. и др. Обзор современных методов интеграции данных в информационных системах. *Труды Международного симпозиума «Надежность и качество»*. 2010;1:292–295.  
Shibanov S.V. et al. Obzor sovremennykh metodov integratsii dannykh v informatsionnykh sistemakh. *Trudy Mezhdunarodnogo simpoziuma «Nadezhnost' i kachestvo» = Transactions of the International Symposium on Reliability and Quality*. 2010;1:292–295. (In Russ.).
10. Lazuardy M.F.S., Anggraini D. Modern Front End Web Architectures with React.Js and Next.Js. *International Research Journal of Advanced Engineering and Science*. 2022;7(1):132–141.

### ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ / INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

**Гусев Павел Юрьевич**, кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедрой, Воронежский государственный технический университет, Воронеж, Российская Федерация.

*e-mail:* [gusevpvl@gmail.com](mailto:gusevpvl@gmail.com)  
ORCID: [0000-0002-3752-0152](https://orcid.org/0000-0002-3752-0152)

**Pavel Y. Gusev**, Candidate of Technical Sciences, Docent, Head of department, Voronezh State Technical University, Voronezh, the Russian Federation.

**Данилов Александр Дмитриевич**, доктор технических наук, профессор, Воронежский государственный технический университет, Воронеж, Российская Федерация.

*e-mail:* [danilov-ad@yandex.ru](mailto:danilov-ad@yandex.ru)  
ORCID: [0000-0002-1534-5285](https://orcid.org/0000-0002-1534-5285)

**Aleksandr D. Danilov**, Doctor of Technical Sciences, Professor, Voronezh State Technical University, Voronezh, the Russian Federation.

**Лебедев Данила Викторович**, студент, Воронежский государственный технический университет, Воронеж, Российская Федерация.

**Danila V. Lebedev**, Student, Voronezh State Technical University, Voronezh, the Russian Federation.

*Статья поступила в редакцию 05.06.2024; одобрена после рецензирования 24.06.2024; принята к публикации 27.06.2024.*

*The article was submitted 05.06.2024; approved after reviewing 24.06.2024; accepted for publication 27.06.2024.*