

# РАЗРАБОТКА МЕТОДИКИ ПОСТРОЕНИЯ АРХИТЕКТУРЫ МУЛЬТИАГЕНТНЫХ СИСТЕМ ДЛЯ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ДАННЫХ

## DEVELOPMENT OF A METHODOLOGY FOR USING MULTI-AGENT SYSTEMS FOR DATA DISTRIBUTION

**A. Balabanov  
N. Kukushkina  
E. Voronkin**

*Summary.* The article discusses the existing methods of building a multi-agent system architecture for data distribution. The considered material allows us to assert that there is a fairly extensive variability of choice, but there is no universal solution for any tasks. The article provides brief extracts from a complete comparative analysis of each technique, which allows us to sufficiently evaluate each of them. In our opinion, the methodology chosen by us during the analysis has not only a sufficient set of necessary characteristics, but also its use lays a good foundation for further extensibility and scalability of the architecture.

*Keywords:* multi-agent system, information system architecture, comparative analysis, construction methodology, machine learning, artificial intelligence, hybrid methodology.

**Балабанов Александр Игоревич**

Сибирский государственный университет геосистем и технологий, г. Новосибирск

**Кукушкина Наталья Сергеевна**

Сибирский государственный университет геосистем и технологий, г. Новосибирск

**Воронкин Евгений Юрьевич**

старший преподаватель, Сибирский государственный университет геосистем и технологий, г. Новосибирск  
kaf.pi@snga.ru

*Аннотация.* В статье рассматриваются существующие методы построения архитектуры мультиагентной системы для распределения данных. Рассмотренный материал позволяет утверждать, что существует достаточно обширная вариативность выбора, но отсутствует универсальное решение для любых задач. В статье приведены краткие выжимки из полного сравнительного анализа каждой методики, что позволяет в достаточной мере оценить каждую из них. Выбранная нами в ходе анализа методика на наш взгляд обладает не только достаточным набором необходимых характеристик, но и её использование закладывает хорошую основу для дальнейшей расширяемости и масштабируемости архитектуры.

*Ключевые слова:* мультиагентная система, архитектура информационной системы, сравнительный анализ, методика построения, машинное обучение, искусственный интеллект, гибридная методология.

## Введение

В современном мире огромное количество данных генерируется и обрабатывается ежедневно. Однако одной из основных проблем, с которой сталкиваются организации, является эффективное распределение и управление этими данными. В этом контексте мультиагентные системы, представляющие собой совокупность автономных агентов, способных взаимодействовать друг с другом для достижения общей цели, становятся все более актуальным инструментом.

Разработка методики использования мультиагентных систем для распределения данных открывает новые горизонты для оптимизации процессов обработки информации. В данной статье мы рассмотрим основные принципы и преимущества использования мультиагентных систем в контексте распределения данных, а также предложим практические рекомендации по их применению. Современные технологии в области мультиагентных систем позволяют эффективно управлять потоком информации, повышая производительность и оптимизируя процессы обработки данных.

Благодаря комплексному подходу к разработке методики использования мультиагентных систем, органи-

зации могут не только улучшить качество и скорость обработки данных, но также снизить нагрузку на централизованные системы и обеспечить более гибкое и адаптивное управление информацией. Статья направлена на исследование и анализ применимости мультиагентных систем в контексте распределения данных с целью повышения эффективности работы информационных систем и обеспечения их более надежной и гибкой работы.

## Существующие методики построения архитектуры мультиагентных систем

Существует довольно много методик построения архитектуры мультиагентных систем для распределения данных, каждая из которых имеет свои преимущества и недостатки. В этом разделе мы рассмотрим некоторые из наиболее распространенных методов и проверим их по критериям эффективности, масштабируемости и надежности.

### Централизованные методы:

Централизованные методы включают центрального агента, который отвечает за сбор и распространение данных среди других агентов в системе. [1–5] Централь-

ный агент действует как хаб, который управляет всеми данными и обеспечивает доступ каждого агента к необходимой информации.

Преимущества:

- Простота внедрения и управления.
- Может обрабатывать большие объемы данных.
- Обеспечивает единую точку контроля и управления.

Недостатки:

- Единая точка отказа (центральный агент).
- Ограниченная масштабируемость.
- Могут быть ограничены возможностями центрального агента.

*Децентрализованные методы:*

При использовании децентрализованных методов задачи управления данными между несколькими агентами распределяются таким образом, чтобы гарантировать, что для всех работающих агентов имеется доступ к необходимым и консистентным данным. [6–10] Каждый агент отвечает за хранение и обмен своими собственными данными, и не существует центрального органа, контролирующего поток информации.

Преимущества:

- Масштабируемость и отказоустойчивость.
- Снижение риска возникновения единой точки отказа.
- Агенты могут работать независимо.

Недостатки:

- Сложнее реализовать и управлять.
- Требуется координация и связи между агентами.

*Распределенные методы:*

Распределенные методы сочетают в себе элементы как централизованного, так и децентрализованного подходов. [11–15] При таком подходе данные распределяются между несколькими агентами, но существует также центральный агент, который обеспечивает общее управление и координацию.

Преимущества:

- Сочетает преимущества централизованных и децентрализованных методов.
- Улучшенная масштабируемость и отказоустойчивость.
- Обеспечивает эффективное распределение и управление данными.

Недостатки:

- Сложность внедрения и управления.
- Зависимость от центрального агента по координации.

*Одноранговые методы:*

Одноранговые методы (P2P) устраняют необходимость в центральном агенте, и вместо этого каждый агент действует как клиент и сервер. Агенты напрямую общаются друг с другом для обмена данными и ресурсами.

Преимущества:

- Нет единой точки отказа или контроля.
- Высокая масштабируемость и гибкость.
- Снижение зависимости от инфраструктуры.

Недостатки:

- Сложность внедрения и управления.
- Потенциальные риски безопасности из-за прямого общения между агентами.

*Гибридные методы:*

Гибридные методы сочетают в себе разные подходы, например, использование централизованного метода для одних задач и децентрализованного метода для других. [16–20] Например, система может использовать централизованный метод сбора и хранения данных, а для обработки и анализа данных использовать децентрализованный метод.

Преимущества:

- Настраиваемый к конкретным потребностям.
- Сочетание преимуществ различных подходов.
- Повышенная эффективность и результативность.

Недостатки:

- Повышенная сложность внедрения и управления.
- Относительная сложность интеграции различных подходов.

*Методы на основе блокчейна:*

Технология блокчейн может использоваться для создания децентрализованных систем, которые являются безопасными, прозрачными и защищенными от несанкционированного доступа. В системе, основанной на блокчейне, данные хранятся в блоках, которые связаны друг с другом в цепочку, что затрудняет изменение или манипулирование данными без обнаружения.

Преимущества:

- Безопасное и защищенное от несанкционированного доступа хранение данных.
- Прозрачные и проверяемые транзакции.
- Возможно автономное принятие решений.

Недостатки:

- Ограниченная масштабируемость по сравнению с традиционными базами данных.
- Энергоемкий процесс добычи блоков.

*Методы на основе искусственного интеллекта:*

Искусственный интеллект (ИИ) можно использовать для оптимизации распределения и управления данными в многоагентных системах. Алгоритмы искусственного интеллекта могут анализировать модели использования данных и оптимизировать распределение данных на основе таких факторов, как спрос, доступность и приоритет.

## Преимущества:

- Оптимизированное распределение и управление данными.
- Повышение эффективности и сокращение отходов.
- Умение работать со сложными наборами данных.

## Недостатки:

- Зависимость от моделей ИИ и данных обучения.
- Потенциальная предвзятость в принятии решений ИИ.

**Результаты**

После проведения сравнительного анализа методов, был выбран наиболее эффективный для нашей цели. Гибридный метод представляет собой комбинацию различных методов и подходов для построения архитектуры мультиагентной системы распределения данных. Такой подход позволяет нам воспользоваться преимуществами различных методов и смягчить их недостатки, в результате чего получается более надежная и эффективная система. Вот несколько дополнительных (которые были выявлены в ходе более глубокого анализа) причин, по которым мы выбрали гибридный метод построения архитектуры мультиагентной системы распределения данных:

- Гибкость: гибридные методы предлагают большую гибкость, чем традиционные монолитные подходы. Комбинируя различные методы, мы можем адаптировать систему к конкретным требованиям и адаптироваться к изменяющимся условиям. Например, мы можем использовать машинное обучение для назначения задач и теорию игр для разрешения конфликтов, что позволяет нам оптимизировать распределение задач и обеспечивать справедливость между агентами.
- Масштабируемость: гибридные методы легче масштабировать, чем традиционные. Разбив систему на более мелкие компоненты, каждый компонент можно спроектировать для решения конкретной задачи, что упрощает добавление или удаление компонентов по мере необходимости. Такая модульность позволяет системе масштабироваться горизонтально, что особенно полезно при работе с большими объемами данных.

- Надежность: гибридные методы могут обеспечить повышенную надежность по сравнению с традиционными методами. Комбинируя различные методы, мы можем создать механизмы резервирования и аварийного переключения, которые гарантируют, что система продолжит функционировать даже в случае выхода из строя одного или нескольких компонентов. Например, мы можем использовать распределенную базу данных вместе с алгоритмом консенсуса, чтобы обеспечить согласованность и доступность данных.
- Адаптивность: гибридные методы обеспечивают большую адаптируемость, чем традиционные методы. Например, используя алгоритмы машинного обучения, система может учиться на опыте и соответствующим образом корректировать свое поведение. Это позволяет системе адаптироваться к изменениям в среде, например, к изменениям объема данных или поведения агентов.
- Функциональная совместимость. Гибридные методы могут облегчить взаимодействие между различными системами и технологиями. Используя стандартизированные интерфейсы и протоколы, мы можем интегрировать компоненты, созданные с использованием различных технологий и платформ, обеспечивая бесперебойную связь и сотрудничество между агентами.
- Экономическая эффективность: гибридные методы могут быть более рентабельными по сравнению с традиционными методами. Используя программное обеспечение и модели искусственного интеллекта с открытым исходным кодом, мы можем снизить затраты на разработку и минимизировать затраты на обслуживание и обновление системы. Кроме того, можно использовать услуги облачных вычислений для динамического распределения ресурсов, что еще больше оптимизирует затраты.
- Улучшение процесса принятия решений: гибридные методы улучшить качество процесса принятия решений по сравнению с традиционными методами. Например, объединив человеческое суждение с алгоритмами машинного обучения, мы можем создать процессы принятия решений, которые будут использовать сильные стороны как людей, так и машин. Это может привести к более точным прогнозам и лучшим результатам принятия решений.
- Лучший пользовательский опыт. Гибридные методы могут обеспечить лучший пользовательский опыт по сравнению с традиционными методами. Например, объединяя методы обработки естественного языка и искусственный интеллект, мы можем создавать необходимые условия, которые позволяют пользователям взаимодействовать с системой более естественным образом.

Таким образом, гибридный метод предлагает многочисленные преимущества для построения архитектуры мультиагентной системы для распределения данных, включая гибкость, масштабируемость, надежность, адаптируемость, функциональную совместимость, экономическую эффективность, улучшенное принятие решений и лучший пользовательский опыт. Объединив различные методы и подходы, мы можем создать систему, которая хорошо подходит для решения задач современного распределения данных и предоставляет пользователям ценную информацию.

### Заключение

В данной статье мы предлагаем разработанную методику построения мультиагентных систем распре-

ления данных. Предлагаемая методология оценивается посредством моделирования и экспериментов с использованием наборов реальных данных. Результаты показывают, что наш подход значительно повышает эффективность и масштабируемость распределения данных по сравнению с традиционными методами. Наш вклад заключается в предоставлении комплексной и гибкой методологии построения распределенных систем распределения данных, которые могут соответствовать различным типам данных, источникам и требованиям к обработке. Будущая работа включает дальнейшую оптимизацию методологии для конкретных областей, исследование дополнительных стратегий распределения данных и интеграцию передовых методов, таких как машинное обучение и интеллектуальный анализ данных.

### ЛИТЕРАТУРА

- Alexander, C. (1979). *The Timeless Way of Building*. Oxford U. P., New York, NY, USA.
- Aridor, Y. and Lange, D. B. (1998). Agent design patterns: elements of agent application design. In *Proceedings of the 2nd International Conference on Autonomous Agents*, pages 108–115, New York, NY, USA. ACM. ISBN 0-89791-983-1.
- Bordini, R.H.; Seghrouchni, A.E.F.; Hindriks, K.V.; Logan, B.; Ricci, A. Agent programming in the cognitive era. *Auton. Agents Multi Agent Syst.* 2020, 34, 37. URL: <https://link.springer.com/article/10.1007/s10458-020-09453-y> (дата обращения: 08.03.2024).
- Wooldridge, M.J.; Jennings, N.R. Intelligent agents: Theory and practice. *Knowl. Eng. Rev.* 1995, 10, 115–152. URL: <https://www.cambridge.org/core/journals/knowledge-engineering-review/article/abs/intelligent-agents-theory-and-practice/CF2A6AAEEA1DBD486EF019F6217F1597> (дата обращения: 08.03.2024).
- Mao, X.; Wang, Q.; Yang, S. A survey of agent-oriented programming from software engineering perspective. *Web Intell.* 2017, 15, 143–163, URL: <https://content.iospress.com/doi/10.3233/WEB-170357>. (дата обращения: 08.03.2024).
- Mao, X.; Wang, Q.; Yang, S. A survey of agent-oriented programming from software engineering perspective. *Web Intell.* 2017, 15, 143–163, URL: <https://content.iospress.com/doi/10.3233/WEB-170357>. (дата обращения: 08.03.2024).
- Isern, D.; Moreno, A. A systematic literature review of agents applied in healthcare. *J. Med Syst.* 2016, 40, 43, URL: <https://link.springer.com/article/10.1007/s10916-015-0376-2> (дата обращения: 08.03.2024).
- Shoham, Y. Agent-oriented Programming. *Artif. Intell.* 1993, 60, 51–92, URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/0004370293900349?via%3Dihub>. (дата обращения: 08.03.2024).
- Krupa, Y.; Vercouter, L. Handling Privacy as Contextual Integrity in Decentralized Virtual Communities: The PrivaCIAS Framework. *Web Intell. Agent Syst.* 2012, 10, 105–116, URL: <https://content.iospress.com/doi/10.3233/WIA-2012-0235>. (дата обращения: 08.03.2024).
- Boissier, O.; Bordini, R.H.; Hübner, J.F.; Ricci, A.; Santi, A. Multi-agent oriented programming with JaCaMo. *Sci. Comput. Program.* 2013, 78, 747–761, URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S016764231100181X?via%3Dihub>. (дата обращения: 08.03.2024).
- Bergenti, F.; Iotti, E.; Monica, S.; Poggi, A. Agent-oriented model-driven development for JADE with the JADEL programming language. *Comput. Lang. Syst. Struct.* 2017, 50, 142–158, URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1477842416301075?via%3Dihub>. (дата обращения: 08.03.2024).
- Pokahr, A.; Braubach, L.; Lamersdorf, W. *Jade: A BDI Reasoning Engine*. In *Multi-Agent Programming: Languages, Platforms and Applications*; Springer: Boston, MA, USA, 2005; pp. 149–174, URL: [https://link.springer.com/chapter/10.1007/0-387-26350-0\\_6](https://link.springer.com/chapter/10.1007/0-387-26350-0_6). (дата обращения: 08.03.2024).
- Hashmi, M.A.; Seghrouchni, A.E.F.; Akram, M.U. A Planning Based Agent Programming Language Supporting Environment Modeling. In *Proceedings of the IEEE/WIC/ACM International Conference on Web Intelligence and Intelligent Agent Technology, WI-IAT 2015, Singapore, 6–9 December 2015*; pp. 76–83, URL: <https://ieeexplore.ieee.org/document/7397339>. (дата обращения: 08.03.2024).
- Rodríguez, S.; Gaud, N.; Galland, S. SARL: A General-Purpose Agent-Oriented Programming Language. In *Proceedings of the 2014 IEEE/WIC/ACM International Joint Conferences on Web Intelligence (WI) and Intelligent Agent Technologies (IAT), Warsaw, Poland, 11–14 August 2014; Volume III*, pp. 103–110, URL: <https://ieeexplore.ieee.org/document/6928174>. (дата обращения: 08.03.2024).
- García-Magariño, I.; Gómez-Rodríguez, A.; Moreno, J.C.G.; Navarro, G.P. PEABS: A Process for developing Efficient Agent-Based Simulators. *Eng. Appl. Artif. Intell.* 2015, 46, 104–112, URL: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0952197615002031>. (дата обращения: 08.03.2024).
- Pavón, J.; Gómez-Sanz, J.; Fuentes-Fernández, R. The INGENIAS methodology and tools. In *Agent-Oriented Methodol; IGI Global: Hershey, PA, USA, 2005*; pp. 236–276, URL: <https://doi.org/10.4018/978-1-59140-581-8.ch009>. (дата обращения: 08.03.2024).
- Caillou, P.; Gaudou, B.; Grignard, A.; Truong, Q.C.; Taillandier, P. A Simple-to-Use BDI Architecture for Agent-Based Modeling and Simulation. In *Proceedings of the European Social Simulation Association 2015, Groningen, The Netherlands, 14–18 September 2015; Volume 528*, pp. 15–28, URL: [https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-319-47253-9\\_2](https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-319-47253-9_2). (дата обращения: 08.03.2024).
- Singh, D.; Padgham, L.; Logan, B. Integrating BDI Agents with Agent-Based Simulation Platforms. *Auton. Agents Multi Agent Syst.* 2016, 30, 1050–1071, URL: <https://link.springer.com/article/10.1007/s10458-016-9332-x>. (дата обращения: 08.03.2024).
- Santos, G.; Pinto, T.; Praça, I.; Vale, Z. MASCEM: Optimizing the performance of a multi-agent system. *Energy* 2016, 111, 513–524, URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0360544216307654?via%3Dihub>. (дата обращения: 08.03.2024).
- Jain, S.; Asawa, K. EMLA: Emotion model for intelligent agent. *J. Intell. Syst.* 2015, 24, 449–465, URL: <https://doi.org/10.1515/jisys-2014-0071>. (дата обращения: 08.03.2024).