

Научная статья
УДК 004.6
DOI: <https://doi.org/10.18127/j20700970-202503-13>

Разработка гибридной модели хранилища данных для системы поддержки принятия решений в области пространственного развития региона

С.С. Михайлова¹, Е.С. Будаев², С.Д. Данилова³, Ю.А. Кораблев⁴

¹⁻⁴ Финансовый университет при Правительстве Российской Федерации (Москва, Россия)

¹ ssmihajlova@fa.ru, ² budeus@mail.ru, ³ sddanilova@fa.ru, ⁴ yuakorablev@fa.ru

Аннотация

Постановка проблемы. Управление пространственным развитием регионов РФ осложнено фрагментированностью данных, гетерогенностью источников (статистика, ведомственные, муниципальные системы) и искажением информации при ее передаче между уровнями управления, что препятствует формированию обоснованных решений.

Цель. Разработать концептуальную модель гибридного хранилища данных для системы поддержки принятия решений (СППР), обеспечивающую интеграцию, анализ и визуализацию разнородных данных пространственного развития.

Результаты. Сформирована унифицированная система показателей по восьми тематическим блокам (экономика, социум, инфраструктура, экология и др.), согласованная со «Стратегией пространственного развития РФ до 2036 г.». Предложена гибридная архитектура хранилища на базе Modern Data Warehouse (MDW) с миграцией к Data Lakehouse. Реализована система оценки достоверности данных с иерархией достоверности источников (статистика → ведомственные → муниципальные → альтернативные).

Практическая значимость. Внедрение модели повысит эффективность управления региональным развитием за счет оптимизации консолидации данных, поддержки сценарного прогнозирования и мониторинга стратегии пространственного развития региона, сокращения времени формирования отчетности для лиц, принимающих решения. Область применения предложенной модели – системы государственного управления регионов РФ, аналитические подразделения Минэкономразвития РФ, научно-исследовательские институты.

Ключевые слова

Пространственное развитие регионов, гибридное хранилище данных, система поддержки принятия решений, data-driven управление, data lakehouse, многомерная модель данных

Для цитирования

Михайлова С.С., Будаев Е.С., Данилова С.Д., Кораблев Ю.А. Разработка гибридной модели хранилища данных для системы поддержки принятия решений в области пространственного развития региона // Нелинейный мир. 2025. Т. 23. № 3. С. 107–116. DOI: <https://doi.org/10.18127/j20700970-202503-13>

A brief version in English is given at the end of the article

Введение

Эффективное управление пространственным развитием Российской Федерации требует комплексного анализа множества факторов, охватывающих экономические, социальные, инфраструктурные, экологические и иные аспекты. Существующая фрагментированность данных, гетерогенность их источников и сложности консолидации создают значительные барьеры для формирования обоснованных управленческих решений. Внедрение унифицированной системы показателей, структурированной в соответствии со «Стратегией пространственного развития РФ до 2030 года с прогнозом до 2036 года», является ключевым инструментом преодоления этих ограничений. Такая система обеспечивает стандартизацию мониторинга целевых индикаторов и поддержку исследовательских задач, способствуя сбалансированному развитию регионов и укреплению экономической устойчивости страны.

Для анализа пространственного развития Российской Федерации необходимо использовать систему показателей, охватывающую ключевые аспекты развития территорий. Для этого надо сформировать витрину данных, где можно отслеживать основные показатели пространственного развития страны. Для интеграции разнородных данных и обеспечения аналитической поддержки принятия решений необходима современная архитектура хранения информации.

© Михайлова С.С., Будаев Е.С., Данилова С.Д., Кораблев Ю.А., 2025

Ц е л ь р а б о т ы – разработать концептуальную модель гибридного хранилища данных для системы поддержки принятия решений (СППР), обеспечивающую интеграцию, анализ и визуализацию разнородных данных пространственного развития.

Формирование системы показателей пространственного развития регионов на основе интеграции разнородных данных

Эффективный анализ пространственного развития Российской Федерации требует внедрения унифицированной системы показателей, охватывающей ключевые аспекты территориального развития. Для этого необходимо сформировать витрину данных, в котором можно отслеживать основные показатели пространственного развития РФ. В соответствии со «Стратегией пространственного развития РФ на период до 2030 года с прогнозом до 2036 года» система структурирована по определенным тематическим блокам:

1. Экономический блок – оценка экономического потенциала регионов и их вклада в национальное развитие.
2. Социальный блок – мониторинг качества жизни и уровня социального развития.
3. Инфраструктурный блок – анализ транспортной, энергетической и цифровой инфраструктуры.
4. Экологический блок – оценка устойчивости развития и экологической безопасности.
5. Территориальный блок – анализ пространственного распределения населения и экономической активности.
6. Финансовый блок – анализ финансовых потоков региона.
7. Блок межрегиональных связей – интеграция регионов в национальную экономику.
8. Блок государственной поддержки – учет мер государственного регулирования.

Для отслеживания достижения целевых показателей можно сформировать отдельную витрину данных, в которые будут включены целевые показатели пространственного развития Российской Федерации. Это способствует сбалансированному развитию регионов, повышению качества жизни населения и укреплению экономической устойчивости страны.

Для обеспечения методологической строгости исследования целесообразно реализовать следующие подходы:

1. *Создание специализированных витрин данных.* Для решения частных исследовательских задач в области пространственного развития требуется разработка тематически ориентированных витрин. Данная практика оптимизирует подготовку данных и последующий их анализ за счет исключения избыточности информации, повышения релевантности выборок, упрощения процедур верификации
2. *Нормализация справочника показателей.* Классификация индикаторов осуществляется посредством нормализованного справочника, содержащего атрибуты принадлежности к тематическим блокам, связи с конкретными исследовательскими контекстами, методологические дескрипторы (формулы расчета, единицы измерения).

Систематизация показателей по структурным блокам и исследовательским задачам (сокращенный фрагмент показателей представлен в виде табл. 1) обеспечивает стандартизацию процедур загрузки данных, семантическую согласованность метаинформации, возможность кросс-доменного анализа.

На концептуальной модели информационных потоков, представленной на рис. 1, можно видеть визуализацию процесса обработки данных пространственного развития: источники информации, загрузка в хранилище данных с предварительной категоризацией по тематическим блокам, экстракция данных для прикладных исследований (анализ, мониторинг, прогнозирование), визуализация результатов в формате дашбордов для лиц, принимающих решения.

Таким образом, разработка структуры агрегированных данных пространственного развития Российской Федерации согласно предложенной унифицированной системе показателей данных позволит повысить качество принимаемых решений с учетом оценки текущего состояния регио-

нов, прогноза развития региона с использованием моделирования сценариев на основе текущих данных, принятия обоснованных решений исходя из эффективного распределения ресурсов и инвестиций с учетом приоритетов пространственного развития, мониторинга выполнения стратегических целей в реализации «Стратегии пространственного развития на период до 2030 года с прогнозом до 2036 года».

Таблица 1. Показатели базы данных пространственного развития регионов РФ, разбитых на блоки и задачи

Задача, обозначение в системе	Блок, показатель	Обозначение
<i>Экономический блок</i>		
Мониторинг пространственного развития РФ (MONITORING)	Валовой региональный продукт (ВРП), млн руб.	m0
	Объем инвестиций в основной капитал, включая иностранные инвестиции, млн руб.	m1
		mn
Исследование пространственного развития регионов РФ на базе кластерного и факторного анализа (CLAST_FACTOR)	Уровень занятости населения в возрасте 15 лет и старше по субъектам Российской Федерации	x0
	Валовой региональный продукт по субъектам Российской Федерации (валовая добавленная стоимость в основных ценах) капитал по субъектам РФ; млн руб.	x1
		xn
		yn
Имитационное моделирование (IMITAC_1)	Доля поступающих в вуз выпускников школ, %	y0
	Распределение рабочих мест по уровню квалификации в регионе, % на интервал квалификации	y1
		yn

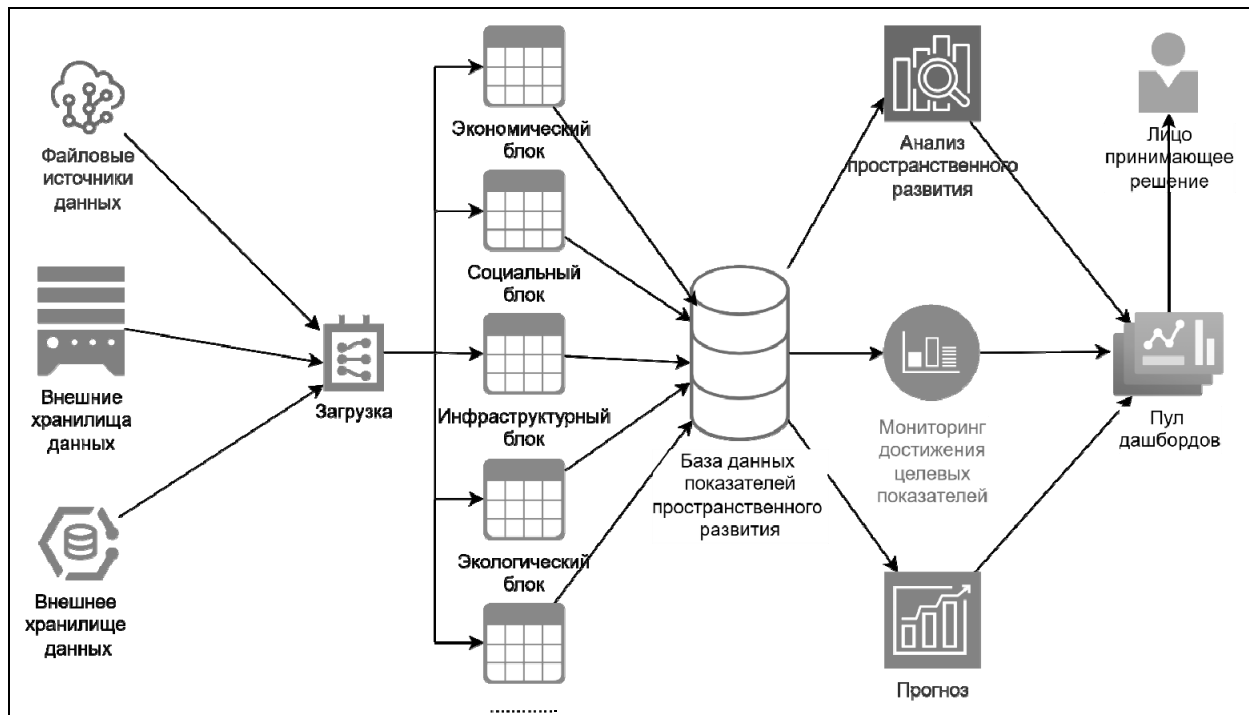


Рис. 1. Схема потоков информации для принятия решений в области пространственного развития

Fig. 1. Information Flow Diagram for Spatial Development Decision Making

Интеграция данных на основе гибридных подходов для аналитической поддержки принятия управленческих решений

Хранилища данных выполняют системообразующую функцию в архитектуре СППР, обеспечивая консолидацию операционных данных из гетерогенных источников, трансформацию в структури-

рованные форматы, поддержку аналитических процессов. Эффективность реализации таких функций детерминирована выбором архитектуры хранения, которая определяет методы интеграции данных, алгоритмы обработки информации, механизмы доступа. Историческая ретроспектива [3, 8] демонстрирует последовательную эволюцию архитектурных решений.

Реляционное хранилище данных – система централизованного хранения структурированных данных из различных источников (RDBMS – распределенные системы управления базами данных, Data Lakes – озера данных, файлы) для аналитики, отчётности и бизнес-решений. Первые варианты хранилищ данных появились из реляционных баз данных. Реляционные хранилища данных основаны на табличной модели (строки, колонки), используют SQL и доминируют в корпоративной среде благодаря исторической распространённости реляционного подхода.

Нереляционные хранилища данных (например, колоночные или графовые NoSQL-системы) применяются реже. Концепция хранилищ данных развилась из реляционных БД, сохранив их модель для работы со структурированными данными.

Грамотно спроектированное хранилище данных обеспечивает комплекс функциональных преимуществ, детерминированных его архитектурными особенностями. Ключевым аспектом выступает оптимизация для аналитических операций чтения (модель «write-once, read-many»), что контрастирует с OLTP-системами, ориентированными на транзакционную обработку CRUD-операций. Архитектура предусматривает хранение полных исторических срезов данных, обеспечивая ретроспективный анализ без рисков информационных лагун. Нормализация номенклатуры объектов (таблиц, атрибутов) стандартизирует процедуры поиска и интерпретации информации.

Интеграция механизмов Master Data Management позволяет централизованно администрировать сущности, устраняя дублирование при агрегации данных из гетерогенных источников. Встроенные процедуры очистки данных и система обратной связи с источниками повышают качество информационных активов. Значимым экономическим эффектом является снижение эксплуатационных затрат: инструменты самостоятельной аналитики минимизируют необходимость привлечения ИТ-специалистов для генерации отчетности.

В настоящее время на российском рынке наблюдается устойчивое доминирование гибридной архитектуры Modern Data Warehouse (MDW), интегрирующей возможности традиционных хранилищ и озер данных. При этом отмечается прогрессирующий переход к модели Data Lakehouse, обеспечивающей ACID-транзакции и OLAP-функциональность поверх неструктурированных данных [3–5, 7]. Значительное число организаций находится в процессе миграции на данную платформу.

Классические решения (изолированные хранилища и озера данных) трансформируются в базовые компоненты комбинированных систем. Их роль ограничивается реализацией специализированных функций: гибкое хранение полиморфных данных (озера) и структурированная аналитика (хранилища). Эта трансформация отражает общий тренд эволюции систем управления данными, где приоритет смещается в сторону масштабируемых гибридных решений, адаптированных к многозадачным сценариям обработки [6, 7].

Гибридная модель хранилища данных системы пространственного развития региона

Стратегия проектирования систем управления данными должна учитывать актуальные технологические тренды, что предполагает ориентацию на архитектуру Modern Data Warehouse (MDW) с поэтапной миграцией к модели Data Lakehouse [3]. Данный подход обеспечивает интегральную обработку полиморфных данных, включая структурированные, сырые и предобработанные форматы.

Гибридная архитектура пространственного развития региона, представленная на рис. 2, реализует сквозной жизненный цикл данных через определенные *функциональные слои*.

1. *Интеграционный слой*: прием данных из шин передачи и потоковых систем с последующей трансформацией посредством ETL/ELT-инструментов (Informatica, SSIS).

2. *Стратифицированное хранение*:

хранилище данных – консолидация структурированной информации в предметно-ориентированные БД (PostgreSQL, Greenplum, ClickHouse);

озеро данных – аккумуляция неструктурированных или слабоструктурированных данных для ML и аналитики (Apache Iceberg, Delta Lake, Hadoop и др.).

Аналитический слой: BI-платформы (Power BI, Tableau) для визуализации, кросс-анализа и генерации отчетности.

Управление качеством: специализированный модуль с инструментами каталогизации (Amundsen, DataHub), управления метаданными и Master Data Management (управление master data – ключевые сущности, которые используются в базах данных).

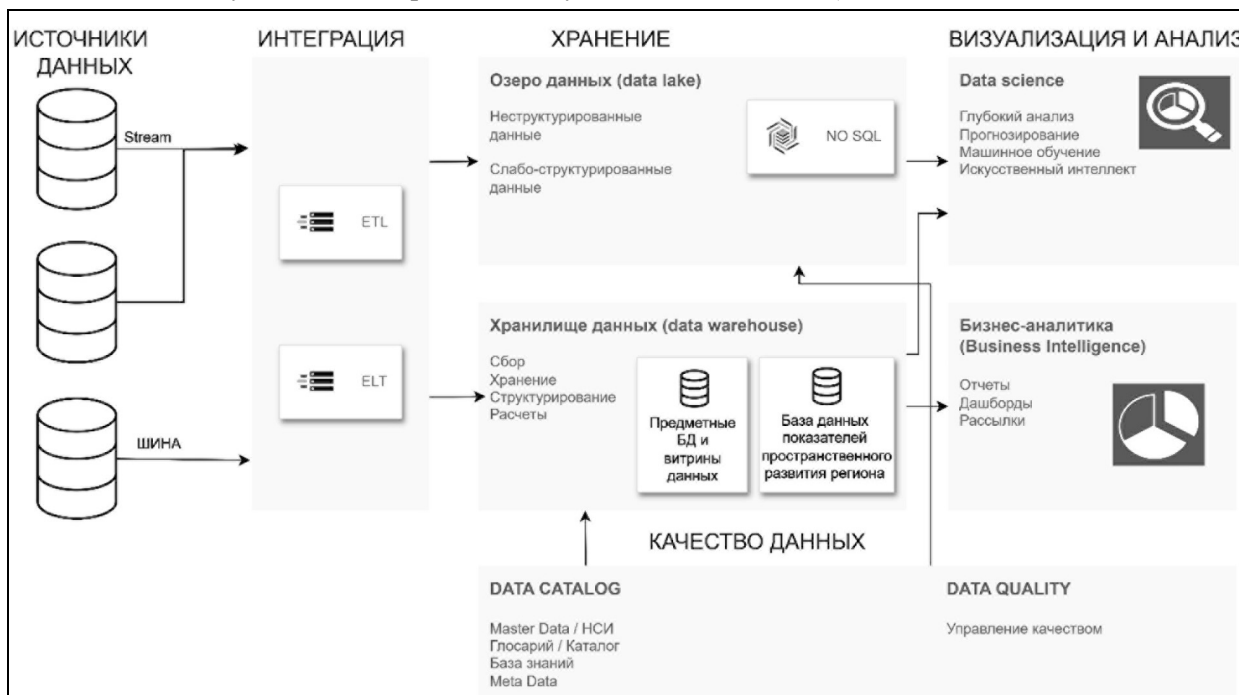


Рис. 2. Гибридная модель хранилища данных системы пространственного развития региона

Fig. 2. Spatial Development System Hybrid Data Warehouse Model

Для агрегирования данных предложена методика, которая обеспечивает возможность свободной загрузки данных из различных источников, их интеграции в единое хранилище и агрегирования на федеральном уровне. Заметим, что для анализа социально-экономических показателей региона бывает важно сравнение определенного региона с другими по разным критериям. Это будет способствовать повышению эффективности управления пространственным развитием и реализации стратегических целей, определенных в «Стратегии пространственного развития Российской Федерации на период до 2030 года с прогнозом до 2036 года».

Хранилище данных проектируется как предметно-ориентированная система, структурированная согласно тематическим областям исследований в рамках интеллектуальной системы пространственного развития. Его архитектура направлена на обеспечение консолидированного информационного ресурса для государственных органов региона, поддерживающего комплексный анализ территориального развития.

Для хранения информации, поступающей из разных источников данных в хранилище данных, созданы специализированные разделы (организуются в виде некоторого среза данных):

статистический раздел – агрегирует официальные данные госстатистики (демография, социально-экономические и инфраструктурные показатели) с реализацией ведения нормализованного реестра показателей, импорта/экспорта данных в стандартизированных форматах, оперативного доступа к информации;

ведомственный раздел – консолидирует показатели федеральных и региональных министерств;

муниципальный раздел – интегрирует данные органов местного самоуправления;
альтернативный раздел – аккумулирует экспериментальные и гипотетические данные для сценарного моделирования;
сводный раздел – объединяет актуальные данные из всех источников для комплексного анализа.

Система оценки достоверности реализует иерархическую модель: *Статистические данные (макс. достоверность) → Ведомственные → Муниципальные → Альтернативные (мин. достоверность)*. Сводный раздел обеспечивает метаанализ полноты данных по конкретным показателям. При заполнении сводного раздела прежде всего используются данные с более высокой достоверностью, в случае их отсутствия – менее достоверные.

Таким образом, предлагаемое хранилище данных обеспечивает сквозной жизненный цикл работы с данными: от консолидации разнородных источников и динамического построения аналитических витрин до реализации методов пространственно-временного анализа, прогнозирования и верификации стратегических ориентиров, поддерживаемых онтологическим описанием метаинформации.

Многомерная модель данных базы данных пространственного развития

Одной из ключевых функциональных задач проектируемой системы хранения данных является обеспечение непрерывного мониторинга и комплексного анализа индикаторов пространственного развития региона. Для реализации этой задачи предусматривается разработка специализированных аналитических витрин данных. В рамках методологии многомерного моделирования, предложенной Р. Кимбалом [1, 8], целесообразно применение структуры «звезда», обеспечивающей совместимость с технологиями формирования OLAP-кубов и интеграции с Business Intelligence (BI-платформами).

На физическом уровне хранилище данных опирается на реляционную модель данных. Для организации предметной базы данных для основных показателей пространственного развития региона разработана физическая модель. Сокращенная физическая схема базы данных показателей системы приведена на рис. 3. Основные сущности, таблицы-справочники базы данных представлены в табл. 2.

Для использования данных хранилища данных в системе на логическом уровне применяется многомерная модель. Такая модель предполагает логическую организацию данных в виде гиперкубов. Каждый гиперкуб представляет собой многомерный объект, ячейки которого содержат данные (факты), а оси (измерения) определяют разрезы (характеристики) хранимых в кубе показателей. Измерение – это множество значений, образующее одну из координатных осей гиперкуба.

В многомерной модели данных элементы измерения играют роль индексов, которые используются для составления координатного вектора показателей, находящихся в ячейках куба. Элементы измерения обладают набором атрибутов, среди которых имеются имя элемента и его уникальный код. При объединении элементов в измерение появляется наиболее важное свойство измерения – иерархия. Как правило, иерархия может быть представлена в виде дерева (направленного ациклического графа), в вершинах которого находятся элементы измерения, связанные между собой атрибутами отношения владения.

Измерения делятся на календарные и некалендарные. Особенностью календарного измерения (или, календаря) является то, что для его построения не нужно создавать таблицы-справочники и устанавливать взаимосвязь между их элементами. Представления-справочники являются источником данных для измерений куба, а представления-данные – источником ячеек данных куба.

Была разработана многомерная модель предметной базы данных показателей пространственного развития региона. Архитектура витрины интегрирует фактовую таблицу экономических показателей (рис. 4) с многомерной системой атрибутивных измерений:

временных (с календарной гранулярностью);
категориальных (с классификацией по форме выражения);

отраслевых, географических (иерархических); метаданных достоверности.

Такая модель обеспечивает декомпозицию запросов в соответствии с принципами СППР, реализуя нормализованное представление данных для анализа пространственно-временных социально-экономических динамик.

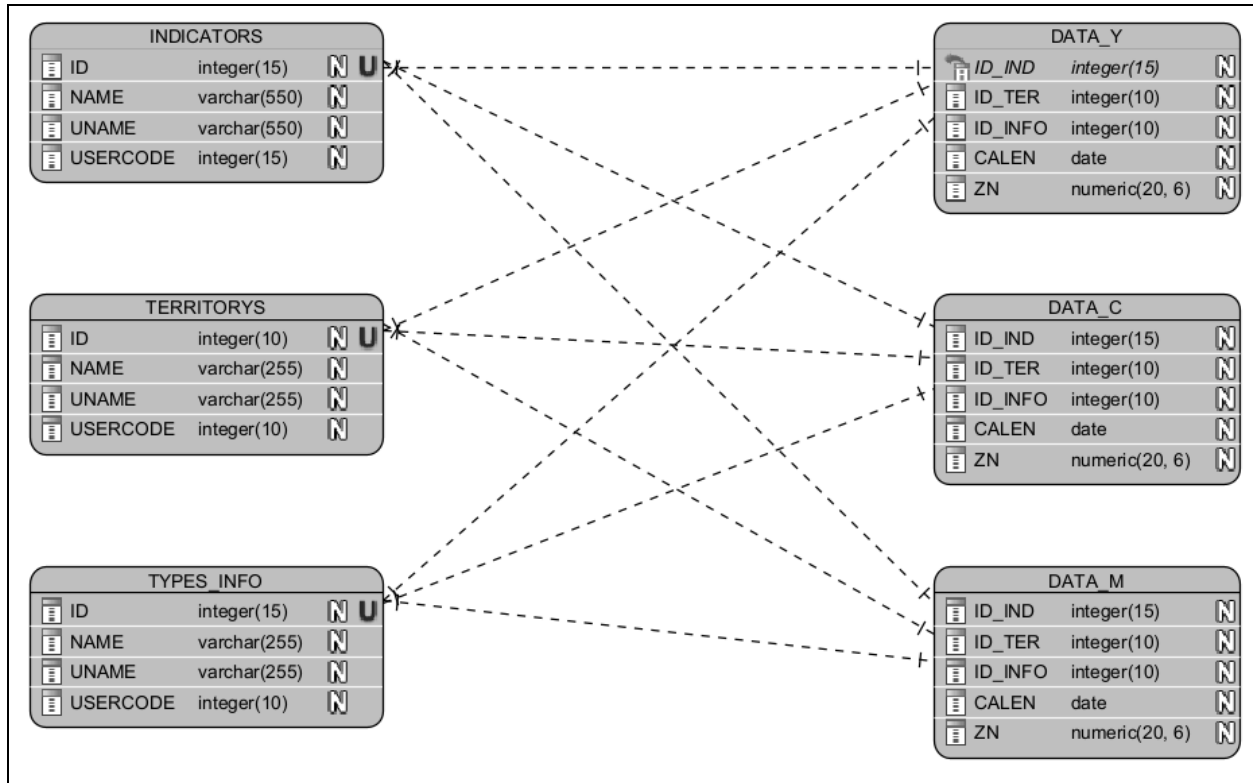


Рис. 3. Сокращенная физическая модель базы данных показателей пространственного развития региона

Fig. 3. Reduced physical model of the database of indicators of spatial development of the region

Таблица 2. Перечень сущностей-таблиц предметной базы данных

Наименование таблиц	Идентификатор таблицы
Показатели	INDICATORS
Территории	TERRITORYS
Тип территории	TYPES_TERRITORYS
Вид информации	TYPES_INFO
Таблица данных социально-экономических показателей (год)	DATA_Y
Таблица данных социально-экономических показателей (квартал)	DATA_Q
Таблица данных социально-экономических показателей (месяц)	DATA_M
Форма выражения показателей	IND_STRUC

Логический уровень системы использует многомерную модель, организующую данные в гиперкубы – n -мерные структуры, где ячейки содержат факты, а оси представлены измерениями, определяющими аналитические контексты. Под измерением понимается домен значений, образующий независимую координатную ось в пространстве гиперкуба.

Заключение

Исследование информационного обеспечения управленческих решений в сфере пространственного развития регионов идентифицировало системные проблемы, включая фрагментированность

данных, гетерогенность их достоверности в зависимости от источников и сложности консолидации. Разработка системы показателей пространственного развития региона представляет собой ключевой инструмент преодоления данных ограничений, обеспечивая мониторинг целевых индикаторов и решения исследовательских задач.

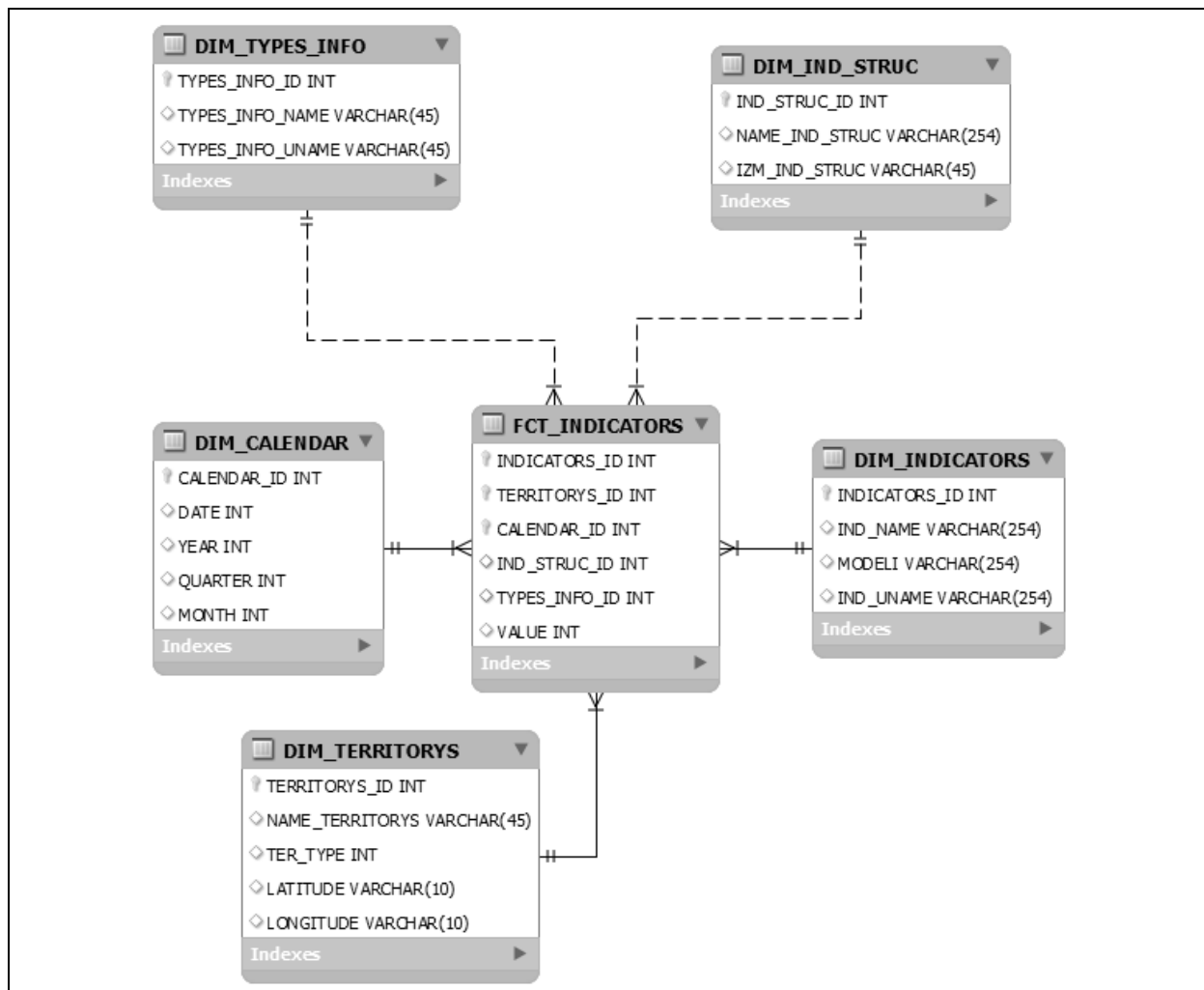


Рис. 4. Схема витрины данных показателей пространственного развития

Fig. 4. Spatial Development Data Mart Diagram

Анализ эволюции архитектур хранения данных выявил траекторию технологической трансформации: от реляционных систем к гибридным решениям. С учетом глобальных трендов и специфики российского ИТ-рынка обоснована целесообразность внедрения архитектуры Modern Data Warehouse (MDW) с поэтапной миграцией на Data Lakehouse, совмещающей гибкость обработки полиморфных данных с транзакционной надежностью.

Итогом исследования стала разработка модели гибридного хранилища данных, ориентированного на выполнение задач системы поддержки принятия решений. Модель предусматривает реализацию механизмов интеграции данных из разнородных источников (социально-экономические показатели, геоданные, потоковые данные), поддержку аналитических сценариев, включая прогнозное моделирование и оценку синергетических эффектов межрегионального взаимодействия, совместимость с требованиями Data Lakehouse (ACID-транзакции, многоуровневая структура данных). В процессе анализа предметной области выявлены сущности базы данных, разработана многомерная модель анализа данных пространственного развития РФ для использования в будущем в витрине данных.

Список источников

1. *Breslin M.* Data Warehousing Battle of the Giants: Comparing the Basics of the Kimball and Inmon Models. *Business Intelligence Journal*. 9. 2004.
2. *Building a Scalable Data Warehouse with Data Vault 2.0* by Daniel Linstedt & Michael Olschimke, 2016.
3. *Deciphering Data Architectures: Choosing Between a Modern Data Warehouse, Data Fabric, Data Lakehouse, and Data Mesh.* James Serra. 2024.
4. *Zaharia M.A., Ghodsi A., Xin R., Armbrust M.* Lakehouse: A New Generation of Open Platforms that Unify Data Warehousing and Advanced Analytics. *Conference on Innovative Data Systems Research*. 2021.
5. *Абу Хасан Р., Кириенко А.Б., Хомоненко А.Д.* Метод перехода от хранилищ данных к озерам данных геоинформационных систем на основе Лямбда-архитектуры // *Интеллектуальные технологии на транспорте*. 2024. № 1 (37). С. 45–55. DOI: 10.20295/2413-2527-2024-137-45-55.
6. Круги Громова – исследование русских ИТ-вендоров и российского ПО. URL: <https://russianbi.ru/index.php#report>.
7. Ландшафт Open Source Data Engineering в 2024 году: место России и мировые тенденции. URL: <https://habr.com/ru/articles/809427/>.
8. Проектирование DWH. Data Modeling. Kimball, Data Vault 2.0, Anchor Modeling. URL: <https://ivan-shamaev.ru/data-modeling-dwh-kimball-scd-types-data-vault-2-anchor-modeling/>.

Информация об авторах

Светлана Сергеевна Михайлова – д.э.н., доцент, вед. науч. сотрудник института цифровых технологий факультета информационных технологий и анализа больших данных
SPIN-код: 9697-3928

Евгений Сергеевич Будаев – к.т.н., доцент, науч. сотрудник института цифровых технологий факультета информационных технологий и анализа больших данных
SPIN-код: 3380-3837

Соелма Доржигушаевна Данилова – к.т.н., доцент, науч. сотрудник института цифровых технологий факультета информационных технологий и анализа больших данных
SPIN-код: 4985-5333

Юрий Александрович Кораблев – к.э.н., доцент, науч. сотрудник института цифровых технологий факультета информационных технологий и анализа больших данных
SPIN-код: 3594-3504

Статья поступила в редакцию 05.06.2025

Одобрена после рецензирования 25.06.2025

Принята к публикации 30.06.2025

ВНИМАНИЕ!

В Издательстве «Радиотехника» вы можете приобрести книги, указанные в нашем прайс-листе.

Приобретение непосредственно через Издательство освободит вас от дополнительных расходов.

ООО Издательство Радиотехника

101000, г. Москва, Подсосенский переулок, д.14, стр.2

+7(495)625-92-41, +7(495)621-48-37

<http://www.radiotec.ru>

info@radiotec.ru

Original article

Development of a hybrid data warehouse model for a decision support system in the field of spatial development of the region

S.S. Mikhaylova¹, E.S. Budaev², S.D. Danilova³, Yu.A. Korablev⁴

^{1,2} Financial University under the Government of the Russian Federation (Moscow, Russia)

¹ ssmihajlova@fa.ru, ² esbudaev@fa.ru, ³ sddanilova@fa.ru, ⁴ yuakorablev@fa.ru

Abstract

The management of the spatial development of the regions of the Russian Federation is complicated by fragmentation of data, heterogeneity of sources (statistics, departmental, municipal systems) and distortion of information during transmission between management levels, which prevents the formation of informed decisions.

Objective – to develop a conceptual model of a hybrid data warehouse for a decision support system (DSS) that provides integration, analysis and visualization of heterogeneous spatial development data.

A unified system of indicators has been formed for 8 thematic blocks (economy, society, infrastructure, ecology, etc.), consistent with the "Spatial Development Strategy of the Russian Federation until 2036." A hybrid storage architecture based on Modern Data Warehouse (MDW) with migration to Data Lake-house has been proposed. Implemented a system for assessing the reliability of data with a hierarchy of reliability sources (statistics → departmental → municipal → alternative).

The implementation of the model will increase the effectiveness of regional development management by optimizing data consolidation, supporting scenario forecasting and monitoring the region's spatial development strategy, and reducing reporting time for decision makers.

Public administration systems of the regions of the Russian Federation, analytical units of the Ministry of Economic Development of the Russian Federation, research institutes.

Keywords

Spatial development of regions, hybrid data warehouse, decision support system, data-driven management, data lakehouse, multidimensional data model

For citation

Mikhaylova S.S., Budaev E.S., Danilova S.D., Korablev Yu.A. Development of a hybrid data warehouse model for a decision support system in the field of spatial development of the region. *Nonlinear World*. 2025. V. 23. № 3. P. 107–116. DOI: <https://doi.org/10.18127/j20700970-202503-13> (In Russian)

REFERENCES

1. *Breslin M.* Data Warehousing Battle of the Giants: Comparing the Basics of the Kimball and Inmon Models. *Business Intelligence Journal*. 9. 2004.
2. *Building a Scalable Data Warehouse with Data Vault 2.0* by Daniel Linstedt & Michael Olschimke, 2016.
3. *Deciphering Data Architectures: Choosing Between a Modern Data Warehouse, Data Fabric, Data Lakehouse, and Data Mesh.* James Serra. 2024.
4. *Zaharia M.A., Ghodsi A., Xin R., Armbrust M.* Lakehouse: A New Generation of Open Platforms that Unify Data Warehousing and Advanced Analytics. *Conference on Innovative Data Systems Research*. 2021.
5. *Abu Hasan R., Kirienko A.B., Homonenko A.D.* Metod perekhoda ot hranilishch dannyh k ozeram dannyh geoinformacionnyh sistem na osnove Lyambda-arhitektury. *Intellektual'nye tekhnologii na transporte*. 2024. № 1 (37). S. 45–55. DOI: 10.20295/2413-2527-2024-137-45-55 (In Russian).
6. Krugi Gromova – issledovanie russkih IT-vendorov i rossijskogo PO. URL: <https://russianbi.ru/index.php#report> (In Russian).
7. Landshaft Open Source Data Engineering v 2024 godu: mesto Rossii i mirovye tendencii. URL: <https://habr.com/ru/articles/809427/> (In Russian).
8. Proektirovanie DWH. Data Modeling. Kimball, Data Vault 2.0, Anchor Modeling. URL: <https://ivan-shamaev.ru/data-modeling-dwh-kimball-scd-types-data-vault-2-anchor-modeling/> (In Russian).

Information about the authors

Svetlana S. Mikhailova – Ph.D. (Econ.), Leading Research Scientist, Institute of Digital Technologies, Faculty of Information Technology and Big Data Analysis

Evgeny S. Budaev – Ph.D. (Eng.), Research Scientist, Institute of Digital Technologies, Faculty of Information Technology and Big Data Analysis

Soelma D. Danilova – Ph.D. (Eng.), Research Scientist, Institute of Digital Technologies, Faculty of Information Technology and Big Data Analysis

Yuriy A. Korablev – Ph.D. (Econ.), Research Scientist, Institute of Digital Technologies, Faculty of Information Technology and Big Data Analysis

The article was submitted 05.06.2025

Approved after reviewing 25.06.2025

Accepted for publication 30.06.2025