

УДК: 004.052.2

Интегрированная система хранения геоданных железнодорожной инфраструктуры на базе репозитория

Integrated geodata storage system for railway infrastructure based on repository

Дулин С.К., д.т.н., профессор, главный научный сотрудник, АО «НИИАС»; ИПИ ФИЦ ИУ РАН, E-mail: skdulin@mail.ru, Москва, Россия

Dulin S.K., D.ofSci., Professor, Chief Researcher, JSC «NIIAS»; Federal Research Center «Informatics and Management» of the RAS, E-mail: skdulin@mail.ru, Moscow, Russia

Аннотация



Одной из целей представленной работы является создание эффективной информационно-сервисной инфраструктуры, предназначенной для поддержки выполнения процессов управления железнодорожной инфраструктурой. Речь идет о создании современной системы информационной поддержки и непрерывного обеспечения данными, поступающими от различных сенсоров, выполняющих постоянные и регулярные наблюдения за инфраструктурой и объектами железнодорожного транспорта программно-аппаратными средствами автоматизированного мониторинга. Здесь в качестве одной из первоочередных задач можно указать разработку архитектуры единой системы сбора информации со станций приема и передачи данных в репозиторий, аккумулирующий разнородные данные дистанционного зондирования для систем оперативного мониторинга и геопространственные данные с картографическими материалами. Необходима также технология описания и обработки разноформатных геопространственных данных на основе метаописаний со структурой соответствующих каталогов.

Ключевые слова: транспорт, процессы управления, архитектура единой системы сбора информации, технология описания и обработки разноформатных геопространственных данных.

Abstract

One of the objectives of the presented work is to create an effective information and service infrastructure designed to support the implementation of railway infrastructure management processes. We are talking about the creation of a modern system of information support and continuous provision of data from various sensors that perform constant and regular monitoring of the infrastructure and objects of railway transport with software and hardware for automated monitoring. Here, one of the priorities can be the development of the architecture of a unified system for collecting information from stations for receiving and transmitting data to a repository that accumulates heterogeneous remote sensing data for operational monitoring systems and geospatial data with cartographic materials. There is also a need for technology for describing and processing multi-format geospatial data based on meta descriptions with the structure of the corresponding catalogs.

Keywords: transport, management processes, architecture of a unified information collection system, technology for describing and processing multi-format geospatial data.



Введение. Общая характеристика системы

В перспективе можно говорить о создании специализированной распределенной системы хранения разнородных данных (репозитория) для сбора и хранения информации о множестве различных ГИС-ресурсов, баз знаний и геоданных железнодорожной отрасли.

В рамках выполненной работы создан прототип репозитория для проведения анализа тематических пространственных данных стационарного, мобильного и дистанционного наблюдения и измерения параметров железнодорожной инфраструктуры. Репозиторий включает в себя каталог геопространственных метаданных, основанный на системе множественной (фасетной) классификации – совокупности нескольких независимых классификаций, осуществляемых одновременно по различным основаниям.

Такой вид классификации предоставляет пользователю многоаспектное (многомерное) описание ресурсов, поэтому пользователь может ориентироваться на частичное знание об объекте. Каталог представляет собой комплекс программно-технологического обеспечения обработки массивов геопространственных данных с развитыми средствами поиска и фильтрации информации; с возможностью построения пользовательских наборов (выборок) геоданных и динамическим формированием на их основе сервисов управления железнодорожными объектами. Встроенный веб-интерфейс визуализации отдельных слоев и формируемых наборов геоданных обеспечивает оперативный просмотр информации, которая может быть передана в сторонние приложения.

Каталог обеспечивает поиск пространственных данных по ключевым словам, классификаторам данных и геоинформационных услуг (геосервисов), названиям уполномоченных органов, критериям качества и достоверности данных, географическому положению, в соответствии с условиями доступа и использования данных, а также по правилам реализации. Возможность выбора пользователем необходимых слоев данных для их подключения в выбранном приложении становится принципиальной в случае, когда каталог перманентно расширяется и содержит большое количество ресурсов (подключать их все сразу нецелесообразно).

Основой каталога является совокупность независимых классификаторов. Каждый классификатор содержит в себе набор категорий, которые могут быть иерархически связаны между собой (внутри одного классификатора). Категории из двух различных классификаторов не связаны ни семантически, ни иерархически. Они также не должны совпадать синтаксически. Каждый ресурс системы описывается одной или несколькими категориями из каждого классификатора. Таким образом, пользователь получает многомерное описание каждого ресурса, что позволяет осуществлять эффективные поиск и фильтрацию по категориям.

Пользовательский интерфейс каталога геопространственных метаданных обеспечивает собственно визуализацию геоданных, навигацию по изображению, скроллинг, масштабирование, графическое наложение

(оверлей) слоев изображения, отображение легенд. Просмотр метаданных предполагает вывод на экран списка найденных ресурсов (названия и/или элементы аннотации), возможно, отсортированных по релевантности, датам, пространственному охвату и снабженных дополнительными характеристиками, а также просмотр выбранного элемента списка с той или иной степенью полноты вплоть до выдачи полного текста метаданных ресурса. Предусмотрена возможность подготовки и отображения пространственных метаданных в нескольких стандартах (ISO, ГОСТ, и т.д.).

Система состоит из нескольких программных модулей, обеспечивающих интеграцию и коммуникацию описанных в предыдущих главах сервисов обработки данных высокоточного спутникового позиционирования. Модуль коммуникаций является программным модулем, исполняющим функции сервера связи периферийного оборудования (датчиков, контроллеров, измерителей) с остальными модулями управления на основе методов спутникового позиционирования. База данных репозитория – это реляционная база данных семантической и управляющей информации по модулям управления железнодорожными объектами, спроектированная для работы на платформе MS SQL Server.

Для нормальной работы модулей управления необходимо поддержания структуры репозитория и целостности геоданных в соответствии со схемой организации метагеоданных, заданной разработчиками системы. Развертывание структуры репозитория производится на этапе инсталляции системы силами квалифицированных специалистов, допущенных разработчиком системы к установке.

После развертывания структуры репозитория необходимо на клиенте (рабочей станции, где будут установлены модули управления) создать регистрационную запись ODBC подключения к SQL-серверу базы данных репозитория.

Модули управления на основе методов спутникового позиционирования являются независимыми друг от друга (самостоятельными) приложениями. Модули реализуют функции оперативного автоматизированного управления железнодорожными объектами, допуская одновременную установку копий на несколько рабочих станций. Связь с периферийным оборудованием осуществляется через модуль коммуникаций.

После настройки соединения с SQL-сервером все модули, обращающиеся к репозиторию, при запуске автоматически подключаются к базе данных репозитория. Настройка параметров соединения с модулем коммуникаций производится из интерфейса модуля «Системный оператор».

Модуль «Системный оператор» реализован как модуль расширения клиентской оболочки ГИС. Этот модуль обеспечивает функции оперативного диспетчерского управления работой программного комплекса модулей управления железнодорожными объектами и его подсистем. Для установки и настройки необходимо подключить модуль «Системный оператор» к программной **»»»**

клиентской оболочке ГИС. При последующих открытиях ГИС для запуска модуля уже не требуется производить действия по подключению модуля к оболочке ГИС.

Подход к проектированию репозитория поддерживающего ограничения целостности геоданных

Один из недостатков существующих коммерческих ГИС – невозможность обеспечить адекватную операционную среду для конечных пользователей, которые являются экспертами в своей прикладной области, но обладают минимальным опытом в разработке программного обеспечения и проектировании базы данных [1]. Такие пользователи лишены возможности использования многих из особенностей коммерческой ГИС. Другой недостаток – отсутствие средств наложения ограничений целостности данных, что ставит под угрозу качество геоданных [2]. Проектирование базы геоданных с контролем целостности при помощи существующих инструментальных средств требует знания некоторого языка сценариев. Конечные пользователи редко обладают этим типом знания.

В представленной работе использовался прототип ГИС, который предоставляет конечным пользователям средство определять подмножество пространственных классов ограничения целостности геоданных без потребности в программировании.

Если первые шаги в разработке базы геоданных для ГИС ставили в качестве главной цели приобретение данных и размещение их в релевантное место в системе [3], то в настоящее время акцент смещается в сторону эффективной организации и анализа геоданных, хотя никто не отрицает важности усовершенствований технологии сбора геоданных. На ранней стадии разработки непространственных систем управления базами данных контролю целостности уделили недостаточно внимания. В результате этого и пространственные наборы данных создаются с сомнительным качеством данных, что приводит к соответствующим результатам анализа, выполненного с использованием таких данных.

Учитывая высокую стоимость фиксации данных в формате ГИС, уже недостаточно неавтоматизированным способом обрабатывать определяемые пользователем ограничения целостности, которые влияют на качество данных. В [4] была предложена ставшая уже классической архитектура, которая предусматривает определение и совместное использование бизнес-правил в приложениях ГИС. В общих чертах она проиллюстрирована на рисунке 1.

Можно реализовать бизнес-правила непосредственно через приложения, тогда приложение и правила должны быть логически согласованы. Когда рассматривается несколько приложений, этот подход становится более сложным, так как контроль бизнес-правил во всех приложениях становится трудной задачей из-за большой избыточности, и увеличивается опасность потери правила. Отметим, что бизнес-правила указаны в двух местах на рис. 1: атрибутивные правила типа «шпала должна быть сделана из бетона или из древесины, пропитанной



Рисунок 1. Модель Чадвика использования бизнес-правил геоданных

антисептиком» сохранены в логическом описании базы данных, тогда как топо-семантические правила сохранены в специализированном репозитории бизнес-правил, который может быть использован многими приложениями или проектами.

Есть два основных подхода к проблеме качества данных. Первый, – уменьшить ошибки в пространственных наборах данных, и второй, – вооружить пользователей знанием качества наборов данных и их содержания. Первому подходу посвящены работы [5–7]. В них предлагается автоматически идентифицировать и исправлять топологические ошибки в пределах существующих наборов данных. Чтобы устанавливать ограничения целостности до ввода данных, необходимо включить ограничения целостности в язык определения данных базы данных так, чтобы они были автоматически контролировались во время выполнения загрузки данных. Метаданные для этого процесса – словарь метаданных, описывающих характеристики, отношения и структуры. Каталог метаданных описывает происхождение и качество данных. Сопоставление информации, типа, «Кто ввел данные?» и, «Каково их происхождение?» представляет собой важную задачу при вводе данных для пользователя.

Репозиторий метаданных, который поддерживает хранение и обновление каталога метаданных, важен при проектировании геопространственных систем. Ограничения целостности могут быть неявно включены при проектировании, это позволит автоматически включить их в спроектированную систему. Пространственные и непространственные отношения также сохраняются вместе с ограничениями целостности и данными, касающимися преобразования объектов. Эта особенность проектирования репозитория обоснована в [8, 9], где поддержка составления диаграмм часто обеспечивается на том же самом уровне, что и поддержка генерации схемы, то есть одна из задач репозитория – определить, какая сущность появится на диаграмме сущность-связи. Сказанное выше относится и к картографическим данным. >>>

Репозиторий активизируется при вводе геоданных, контролируя соблюдение ограничений на данные, или же фиксируя такие нарушения в файле регистрации нарушений.

Важную роль в реализации ограничений целостности играет использование дедуктивных объектных баз данных. Было показано, что они полезны на уровне метаданных и применимы к ГИС [10].

Важно различать географическую информационную систему (ГИС) и пространственную информационную системную среду разработки. Дополнительная функциональность часто обеспечивается для разработчика приложения ГИС объединением ГИС с внешними программами или написанием специальной прикладной программы. Кроме того, ГИС, или приложение, могут быть ориентированы на определенную проблему (например, управление сетью дорог). Часто этот процесс представляется поставщиками как настройка программного обеспечения ГИС. В таком случае, это – среда разработки, обеспеченная используемой ГИС. Другими словами, это инструментальные средства, предоставленные разработчику, или конечному пользователю, чтобы создавать различные приложения.

Особую важность в современных исследованиях представляет инструмент разработки ГИС, который позволяет пользователю специфицировать семантические ограничения на бинарные топологические отношения без потребности в программировании. Проектирование при этом не зависит от конкретной ГИС, но может быть связано с одной из них. Оно должно помочь пользователям в разработке пространственных приложений; один и тот же инструмент может использоваться, чтобы многократно строить проекты в различных масштабах. Одна из главных особенностей такого проектирования создание репозитория для пространственных ограничений целостности, которые могут быть использованы во множестве приложений. Репозиторий отличается от различных словарей данных, поддерживающих ГИС, которые являются файлом или набором файлов, ориентированных на одно конкретное приложение. Интегрированная пространственная среда разработки программного обеспечения проиллюстрирована на рисунке 2. Ключевой элемент в этой среде – репозиторий метаданных, который является средством контроля всех проектных изменений так же, как и репозиторий инструментальных средств разработки программного обеспечения в непространственных средах разработки.

При проектировании репозитория формулируются следующие цели:

1. Исследовать спецификацию правил и ограничений целостности в существующих пространственных и непространственных средах разработки.
2. Оценить существующую возможность инструментальных средств разработки ГИС представлять определяемые пользователем пространственные ограничения целостности.
3. Определить методы регистрации и применения этих ограничений средствами, доступными для конечных пользователей.
4. Проверить эффективность этих методов.

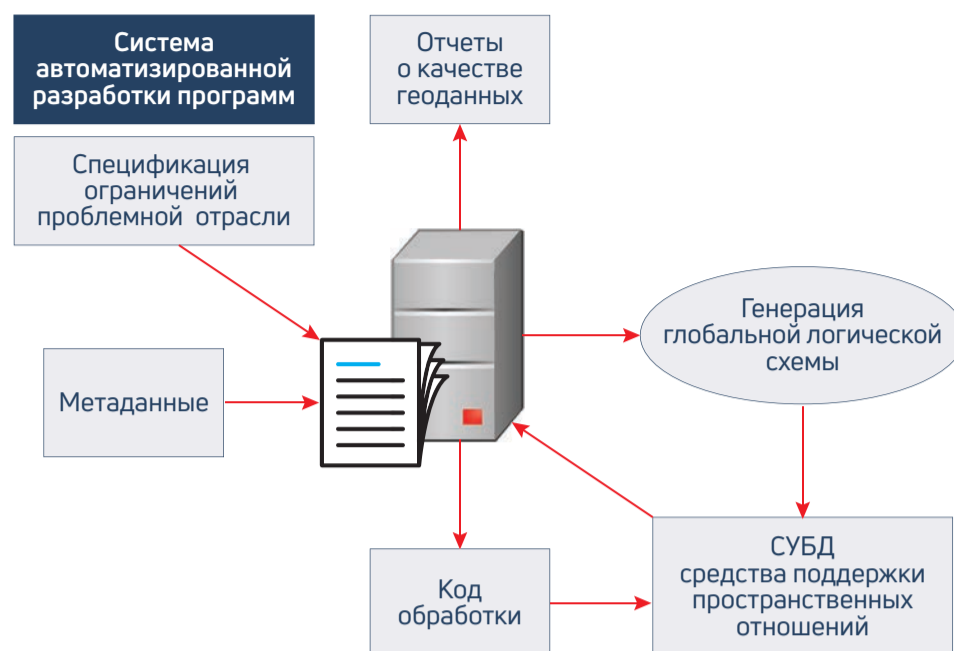


Рисунок 2. Интегрированная пространственная среда программирования



Рисунок 3. Пространственные ограничения целостности

Проектирование включает интегрированную среду разработки программного обеспечения с репозиторием, как показано на рисунке 2. Репозиторий хранит и контролирует подмножество классов ограничения целостности. Ограничения фиксируются двумя способами: первый – посредством предложений языка определения данных СУБД, и второй – интеграцией с существующим программным обеспечением ГИС. Репозиторий хранит элементы модели геоданных, или данных о геоданных, средства генерации логических моделей данных из этих метаданных и поддержки проекта базы геоданных. В частности, должно быть средство для включения ограничений целостности в базу данных разрабатываемой системы. Метаданные качества и происхождения также сохраняются в репозитории.

Пространственные ограничения целостности

Проблеме качества пространственных данных, связанной с ограничениями целостности, было уделено внимание в работе [5]. Там же давались определения и классификации различных типов ограничений целостности, которые принадлежат пространственным системам. >>>

Топологические ограничения там были подразделены соответственно трем типам возможных ошибок: структурным ошибкам, геометрическим ошибкам, и топо-семантическим ошибкам. В [5] топо-семантические ошибки определены как топо-семантическое подмножество топологических. В дальнейшем топо-семантические ограничения были подразделены на семантические ограничения и определяемые пользователем ограничения целостности. Семантические ограничения касаются природы объектов, например, снег рыхлый и лед твердый, а дороги не должны проходить через озера или здания. Ограничения целостности, определенные пользователем, могут быть, например, как атомная электростанция, не должна быть в пределах определенного радиуса жилой зоны. Это тип ограничения часто описывается в геопространственной литературе как бизнес-правила. Топо-семантические правила также включают топологические правила, основанные на значениях признака. Например, «В системах и сетях железнодорожной электросвязи должна отсутствовать возможность удаленного воздействия на порты сетевого оборудования, связанные с его конфигурированием». В [5] предлагается идентифицировать и исправлять главным образом топологические ошибки в пределах условий выполнения, причем, если ошибки в существующих системах обнаруживаются, то они, по возможности, исправляются автоматически.

Интегрированная среда разработки пространственной информационной системы

В этом разделе описывается подход к проектированию репозитория, поддерживающего ограничения целостности, определенные как в бизнес-правилах сервисов управления, так и в спецификациях ГИС. Рис 4 иллюстрирует архитектуру предлагаемого репозитория. В качестве инструментальных средств предполагается использовать любой тип доступных инструментальных средств, которые позволят проиллюстрировать, как будет вести себя репозиторий в интегрированной среде разработки. Репозиторий управляет всем программным обеспечением в среде, и представляет собой интерфейс между пользователем и инструментальными средствами, через которые можно управлять разработкой и определять правила.

Рисунок 5 представляет концептуальную модель репозитория, который хранит данные на метауровне. При проектировании неявно предполагается, что геометрия может иметь много графических представлений. Визуализация спецификаций включена, чтобы позволить пользователю определить графические стили для объектов в ГИС, предполагая, что наличие визуальных команд вызова программы улучшило бы ясность относительно того, что собой представляют объекты, и таким образом уменьшило бы ошибку ввода данных. Это – задача, которая непосредственно контролируется репозиторием. Для этого используются метаданные, касающиеся схематического изображения и использующиеся для генерации схемы, сохраняемой на том же самом метауровне.

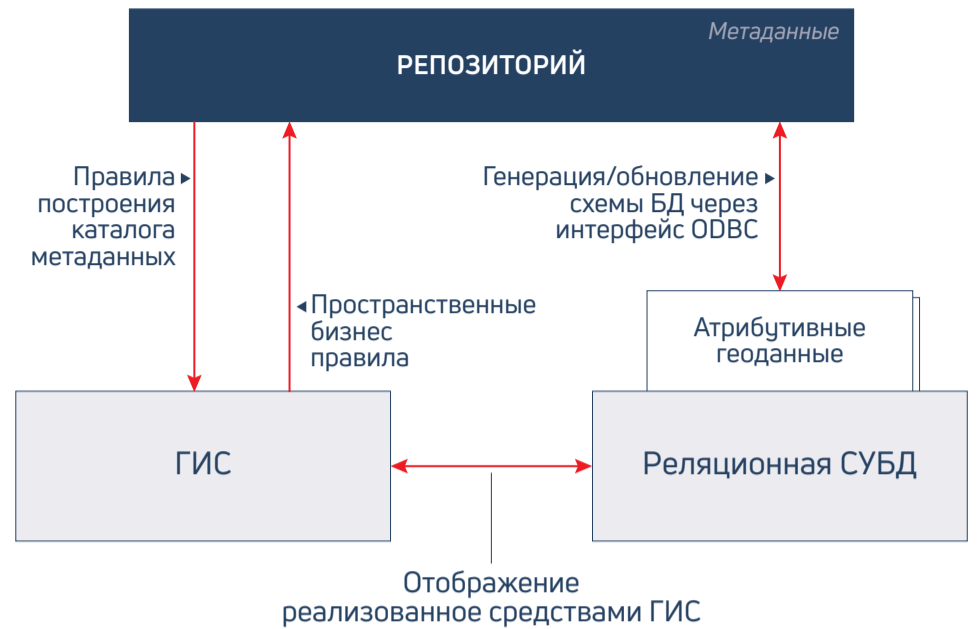


Рисунок 4. Архитектура системы управления пространственными данными

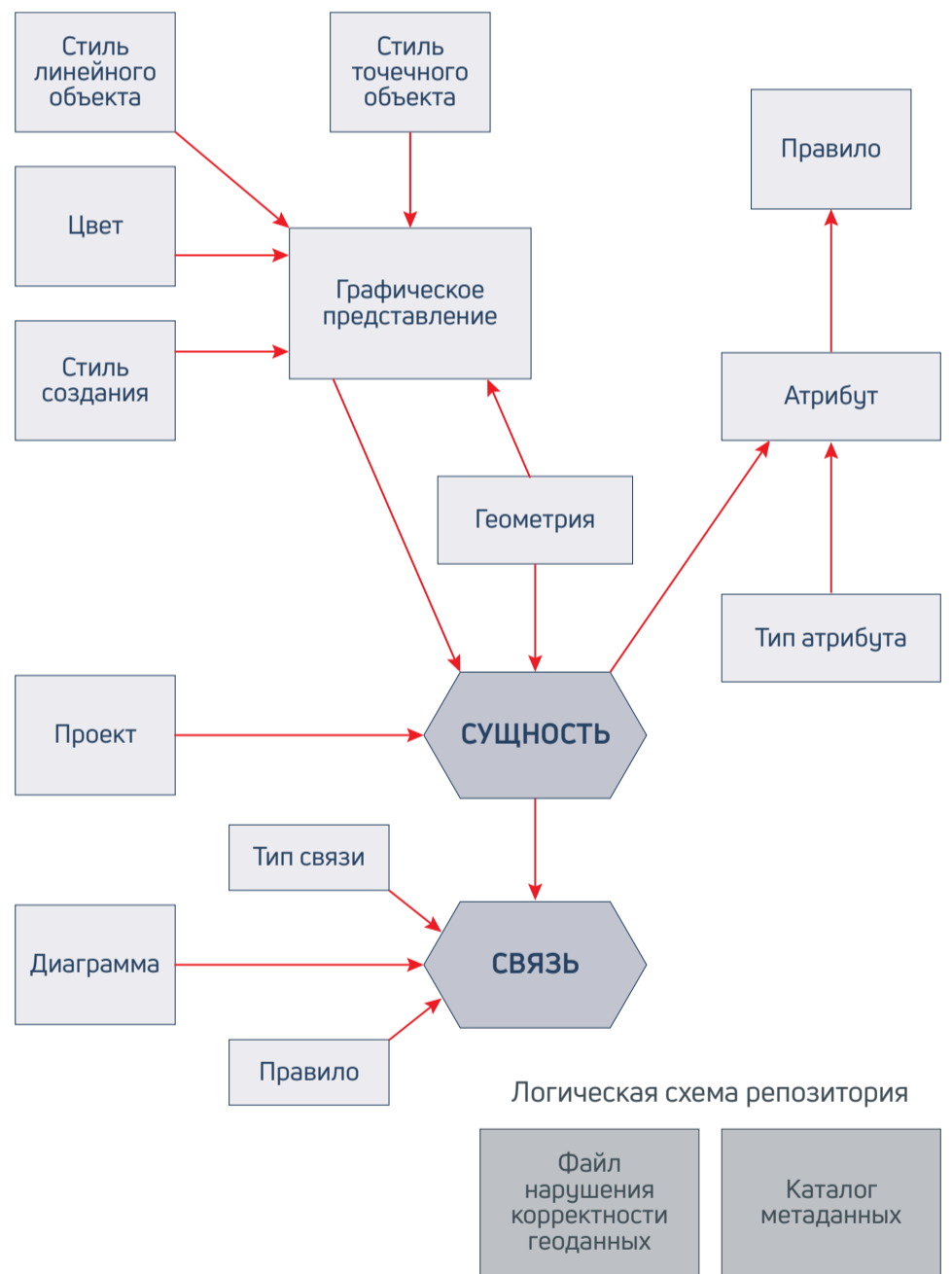


Рисунок 5. Модель данных репозитория

Сущность диаграммы является внутренней для репозитория и содержит пространственную диаграмму связей. Логическая схема репозитория содержит таблицы хранения каталога метаданных, возвращаемых репозиторию от ГИС через интерфейс ODBC, и файл >>>

нарушений корректности (целостности и согласованности). Правило (атрибута) иллюстрирует концептуальную модель хранения атрибутивных правил. Атрибут может иметь два или больше присоединенных правил, например, расстояния между шпалами должны быть больше чем 10 см, но меньше 50 см.

Центральная часть изображения модели репозитория содержит основную информацию для представления сущности и ее отношений. Репозиторий обрабатывает проекты через отношение сущность-проект этой части модели. Все записи в базе геоданных отмечены идентификатором проекта посредством значения внешнего ключа в сущности. В рабочем режиме репозиторий должен использоваться для того, чтобы проекты совместно использовали допустимые правила. Но это требует дальнейшего развития модели, так как при этом требуется обработка отношений «многие к многим» между проектом и сущностью.

Топологические ограничения неявно поддерживаются средствами ГИС, с которой связан репозиторий. Правила представлены как предложения языка определения данных в SQL для правил атрибута, и как структурированный текст для правил отношений (связи) [11].

Система репозитория проектируется, чтобы облегчить разработку системы не вполне подготовленными пользователями. При этом главная задача – обеспечить спецификацию реальных объектов пользователями при существующих ограничениях на способ, которым данные об этих объектах могут быть введены. Эти ограничения задаются, чтобы управлять качеством данных. Система репозитория обеспечивает интерфейс пользователям, позволяющий устанавливать статические ограничения целостности на значения атрибута и определяемые пользователем ограничения целостности на пространственные отношения. Они автоматически перетранслируются в предложения языка определения данных или ограничения, выраженные как запросы к ГИС. Таким образом, не приходится нагружать программированием пользователей. Интерфейс репозитория также обеспечивает шлюз к ГИС. Управление в этом случае переходит к ГИС. ГИС способна реагировать на результат, который указывает, что имеет место нарушение правила. Такие нарушения при вводе геоданных приводят к откату входных данных или фиксируются в файле нарушений корректности репозитория. Кроме того, могут быть собраны автоматически и также предоставляться репозиторием метаданные об авторе, дате, пространственных границах, масштабе, проекции и системе координат.

Цель операции по выбору проекта состоит в том, чтобы находить, вводить или изменять основные детали проекта. Эта операция начинается непосредственно после инициализации системы репозитория. Однако она может быть задействована на любой стадии выполнения проекта, когда пользователь пожелает перейти на другой проект. При этом вводятся детали проекта, включая координаты и масштаб.

Описание базы геоданных и триггеров (встроенных процедур) позволяет пользователю, во-первых, описывать реальные объекты, их признаки и их графическое представление и, во-вторых, генерировать таблицы, представляющие эти объекты. Есть два обеспечивающих

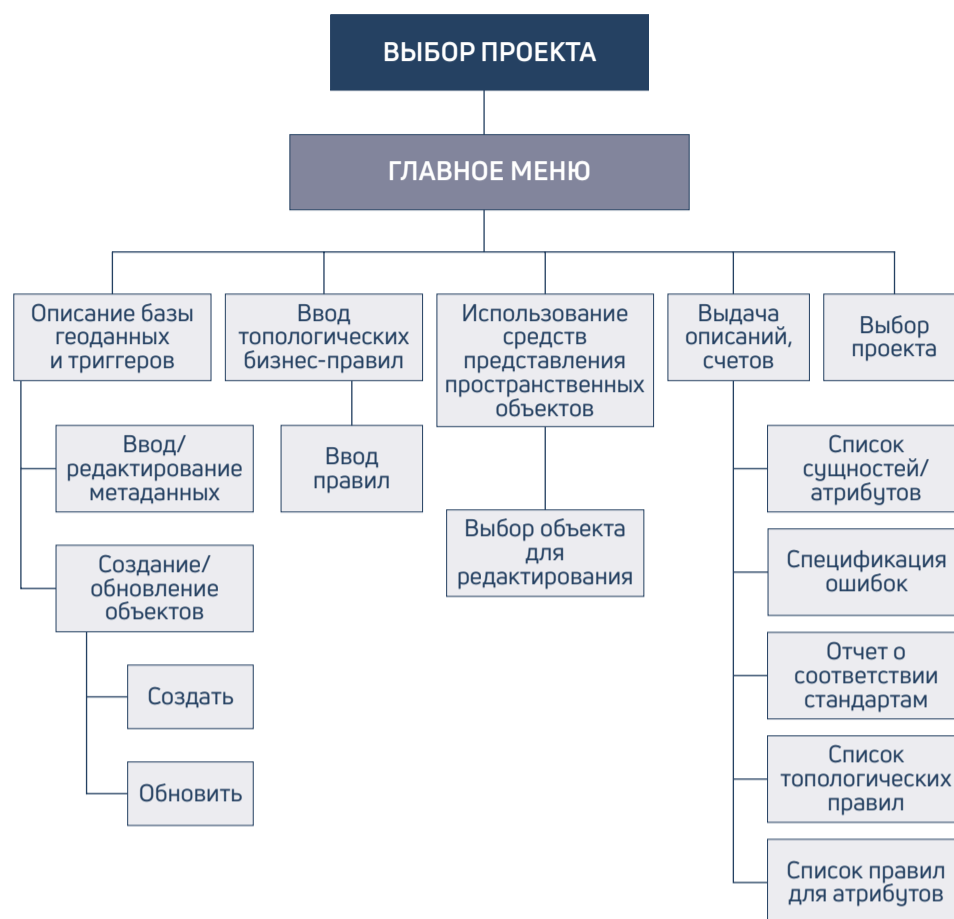


Рисунок 6. Структура меню системы репозитория

ее процесса: ввод/редактирование метаданных и создание/обновление объектов. В первом случае, пользователь вводит имя сущности, ее атрибуты и правила, которые применяются к ним, ее геометрию и графический стиль, связанный с ней.

Функция ввода топологического бизнес-правила дает возможность пользователю определить пользовательские правила, ограничивающие отношения, в которых сущности могут принять участие. Первоначально создается правило, основанное на сущностях, вовлеченных в связь, и являющихся непосредственно связью. Они отбираются пользователем. Если заданы конфигурации сущностей, а связь – под вопросом, то существует только одна возможная диаграмма.

Если заданы метаданные, которые сохраняются согласно существующим таблицам, то данные о правилах собираются на основе существующих в базе геоданных ограничений целостности объектов. Сообщение об ошибке формируется во время производимого пользователем выбора. Условия, на которых базируются ограничения целостности, сохранены в двух областях в репозитории. В первой, условия сохраняются в соответствии с определенными атрибутами и, во второй, в соответствии с пространственными отношениями.

Когда пользователю требуются средства представления пространственных объектов, репозиторий инициирует запуск ГИС со всеми таблицами для выбранного открытого проекта. Репозиторий управляет всеми топологическими ограничениями и атрибутивными условиями. Ограничения проверяются ГИС при добавлении каждого пространственного объекта. Кроме того, при каждой транзакции проверяются все атрибутивные условия и топологические ограничения, и в случае ошибок формируется соответствующее сообщение. >>>

Существующие стандарты метаданных в пространственных информационных системах прежде всего отражены в каталоге метаданных. Существенная выгода использования подхода на основе репозитория в том, что репозиторий является активным и при разработке системы, и при ее эксплуатации.

ГИС обеспечивает сообщения (отчеты) о сущностях/атрибутах и дает список всех сущностей в проекте, их атрибутов и ограничений на эти атрибуты. Файл нарушений корректности геоданных дает список всех ошибок, которые произошли с пользовательскими правилами, идентификатор рассматриваемого объекта и его координаты.

Сообщения, обеспечиваемые репозиторием, включают также сообщение о топологическом правиле и сообщение о правиле атрибута. Топологическое сообщение о правиле включает все топологические правила проекта и условия выполнения этих правил. Сообщение о правиле атрибута включает атрибуты проектных сущностей, правила, связанные с ними и текстовое правило, которое поставляется с сообщением об ошибке.

Следует отметить, что в описанном подходе к проектированию репозитория для управления пространственными бизнес-правилами метаданные являются больше чем средством каталогизации наборов данных для разработки интегрированной среды программного обеспечения ГИС. Они могут также эффективно использоваться

при проектировании базы геоданных. Через контролируемый ввод геоданных репозиторий имеет возможность улучшить качество данных ГИС. Репозиторий активен при эксплуатации системы, проверяя ввод данных. Все нарушения ограничений регистрируются с выдачей сообщений о качестве геоданных. Репозиторий может обеспечить метаданные описания идентичности и происхождения наборов данных, введенных в систему.

Эти два средства сообщения улучшают осведомленность о качества рассматриваемого набора данных и поэтому предотвращают некорректное использование. Наконец, можно получить полный отчет о содержании репозитория, который помогает в администрировании базы данных. Качество геоданных в существующих ГИС часто невысокое. Существующие ГИС обеспечивают, в лучшем случае, только поддержку корректности ввода геоданных. Кроме того, инструментальные средства, используемые для разработки таких систем, не ориентированы на участие в разработке системы конечных пользователей. Основная направленность представленной работы – определить главные особенности среды развития ГИС, допускающей конечных пользователей к участию в создании интегрированной среды, которая позволила бы пользователям задавать их собственные ограничения и получать качественные отчеты, соответствующие стандартам на метаданные. ■

Список литературы

1. Longley P. A., Goodchild M. F., Maguire D. J., Rhind D. W. Geographic information systems and science. Second Edition. New York: Wiley, 2005.
2. Дулин С.К., Розенберг И.Н., Уманский В.И. О проблеме интеграции информационных ресурсов // Системы и средства информатики. Т. 29 № 3. 2019. С. 127-138.
3. Бугаевский Л.М., Цветков В.Я. Геоинформационные системы. – М.: Златоус, 2000, 224 с.
4. Al-Bakri M., Fairbairn D. Assessing similarity matching for possible integration of feature classifications of geospatial data from official and informal sources // Int. J. Geogr. Inf. Sci., 2012. Vol. 26. Iss. 8. P. 1437–1456.
5. Дулина Н.Г., Уманский В.И. Структуризация проблемы улучшения пространственной согласованности баз геоданных – М.: ВЦ РАН, 2009. 40 с.
6. Дулин С. К., Дулина Н. Г., Кожунова О.С. Синтез геоданных в пространственных инфраструктурах на основе связанных данных // Информатика и ее применения, Т. 13. № 1. 2019. С. 82-90.
7. Дулин С.К., Розенберг И.Н., Уманский В.И. О проблеме интеграции информационных ресурсов // Системы и средства информатики. Т. 29 № 3. 2019. С. 127-138.
8. Baird M.P., Frome R.J. Large-scale repository design // Cell preservation technology, Vol.3, N 4, 2005. Pp. 256-266.
9. Ravi S., Madhusuthanan M.V. Institutional Repositories in library and information science: a global view // International Journal of Library and Information Studies Vol.8(1) Jan-Mar, 2018. Pp. 354-359.
10. Servigne S., Ubeda T., Puricelli A., Laurini R. A methodology for spatial consistency improvement of geographic databases // Geoinformatica, Vol. 4(1), 2000. Pp.7-34.
11. Orriens B., Yang J., Papazoglou M. P. A framework for business rule driven service composition // 4th Int. Workshop, TES 2003, B. Benatallah and M.-C. Shan, Eds.: Springer, 2003. Pp. 14-27.