

УДК 004.4'22

А.А. Булаев, С.В. Липатова, Д.А. Мерзляков, А.А. Смагин

CASE-СРЕДСТВО ПРОЕКТИРОВАНИЯ 3D-ГИС НА ОСНОВЕ СВОБОДНО РАСПРОСТРАНЯЕМЫХ БИБЛИОТЕК

Булаев Алексей Александрович, аспирант, окончил факультет математики и информационных технологий Ульяновского государственного университета по специальности «Информационные системы и технологии». Инженер кафедры «Телекоммуникационные технологии и сети» УлГУ. Имеет статьи в области информационных систем и технологий. [e-mail: mail@bulalex.ru].

Липатова Светлана Валерьевна, кандидат технических наук, доцент, окончила факультет информационных телекоммуникационных технологий и сетей УлГУ. Преподаватель кафедры «Телекоммуникационные технологии и сети» УлГУ. Имеет статьи в области разработки информационных систем различного назначения. [e-mail: dassegel@mail.ru].

Мерзляков Дмитрий Анатольевич, окончил факультет самолётостроения Ульяновского государственного технического университета. Ведущий инженер-программист ФНПЦ АО «НПО «Марс». [e-mail: mdimk@mail.ru].

Смагин Алексей Аркадьевич, доктор технических наук, профессор, окончил радиотехнический факультет Ульяновского политехнического института. Заведующий кафедрой «Телекоммуникационные технологии и сети» УлГУ. Имеет статьи, изобретения, монографии в области разработки информационных систем различного назначения. [e-mail: smaginaa1@mail.ru].

Аннотация

Представлены структура и содержание CASE-средства, которое позволяет реализовать заданный функционал 3D-ГИС. В процессе использования CASE-средства формируются варианты проектных решений. Для разработки 3D-ГИС строятся структурные, функциональные модели и диаграммы интерфейсов взаимодействия между свободно распространяемыми библиотеками и собственными разработками, аналогов которых нет среди библиотек. Осуществляется генерация файлов заголовков на выбранном языке программирования для реализации системы. В 3D-ГИС выделяется её ядро, в которое входят четыре основных компонента, обеспечивающих базовый набор функций, реализуемый в большинстве 3D-ГИС. Разработанные модели, такие как: модель описания обстановки, модель описания свободно распространяемых библиотек, модель проекций, брокерная модель и композиционная модель – повышают эффективность разрабатываемых компонентов 3D-ГИС. Предложенные в статье модели связаны с тремя этапами жизненного цикла 3D-ГИС.

Ключевые слова: проектирование, 3D-ГИС, CASE-средство, геоданные, растр, вектор, свободно распространяемые библиотеки, ядро, компоненты ядра, брокер.

CASE-TOOL FOR DESIGNING 3D GIS ON THE BASIS OF OPEN SOURCE LIBRARIES

Aleksei Aleksandrovich Bulaev, Postgraduate Student; graduated from the Faculty of Mathematics and Information Technology of Ulyanovsk State University in the specialty of Information Systems and Technologies; Engineer at the Department of Telecommunications Technologies and Networks of Ulyanovsk State University; an author of articles in the field of information systems and technologies. e-mail: mail@bulalex.ru.

Svetlana Valerevna Lipatova, Candidate of Engineering, Associate Professor; graduated from the Faculty of Information Technologies and Telecommunications of Ulyanovsk State University; Lecturer at the Department of Telecommunications Technologies and Networks of Ulyanovsk State University; an author of information systems and technologies. e-mail: dassegel@mail.ru.

Dmitrii Anatolevich Merzliakov, graduated from the Aircraft Constructing Faculty of Ulyanovsk State Technical University; Leading Programmer at FRPC JSC 'RPA 'Mars'. e-mail: mdimk@mail.ru.

Aleksei Arkadevich Smagin, Doctor of Engineering, Professor, Head of the Department of Telecommunications Technologies and Networks at Ulyanovsk State University; graduated from the Faculty of Radioengineering of Ulyanovsk Polytechnic Institute; an author of articles, inventions, and monographs in the field of different-purpose information systems development. e-mail: smaginaa1@mail.ru.

Abstract

The structure and content of the CASE-tool allowing to implement a given 3D GIS functionality are considered. In the process of using CASE-tools, variants of design solutions are generated. Structural and functional models and diagrams of interfaces interaction between open source libraries and personal developments, which do not have any analogues among libraries, are created for the development of 3D GIS. Header files generation on the selected programming language is performed in order to realize the system. The core can be set off in 3D GIS. It includes four major components providing a basic set of functions implemented in the majority of 3D GIS. The developed models such as the situation description model, the open source libraries description model, the projections model, the broker model, and the compositional model increase the efficiency of the developed 3D GIS components. The models proposed in the article are related to the three stages of the 3D GIS life cycle.

Key words: designing, 3D GIS, CASE-tool, geodata, raster, vector, open source libraries, core, core components, broker.

ВВЕДЕНИЕ

Подходы к проектированию 2D-ГИС не позволяют использовать большинство возможностей отображения 3D-обстановки (таких как отображение рельефа местности, имитация движения 3D-объектов и т. д.), а существующие подходы к реализации 3D-ГИС ориентированы на платные разработки. В связи с этим предлагается новый подход, позволяющий осуществить проектирование 3D-ГИС на основе свободно распространяемых библиотек.

В ходе предварительного анализа было проведено исследование возможностей построения 3D-ГИС с использованием множества библиотек из открытых ресурсов Интернет, результаты исследования были обобщены, и на их основе предлагается подход, ориентированный на совместное использование гетерогенных свободно распространяемых библиотек, который позволяет значительно сократить ресурсы, затрачиваемые на создание 3D-ГИС в целом.

Целью настоящей статьи является разработка подхода, позволяющего снизить ресурсные затраты на проектирование 3D-ГИС. В качестве ресурсных затрат рассматриваются человеко-машинные часы, финансы и временные составляющие.

ОБЗОР СУЩЕСТВУЮЩИХ АНАЛОГОВ

Начиная от геодезических поисков и до строительных работ, информационное моделирование позволяет проектным группам извлекать необходимые данные из единой, насыщенной информацией модели. Это способствует принятию обоснованных решений. Для наиболее наглядной оценки местности и дальнейшего принятия решения по сложившейся обстановке используются геоинформационные системы (ГИС).

Практически всегда для решения многих задач необходимо создавать свои, специализированные информационные или геоинформационные системы. Это неизбежно приводит к задаче проектирования таких систем. Классическое проектирование информационных систем (ИС), называемое еще каноническим, базируется на различных ГОСТ. Все требования к разнообразным ИС и ГИС сложно удовлетворить в одном варианте системы. Например, требования нескольких пользователей могут противоречить одно другому. Разные пользователи используют разные интерфейсы и разные форматы данных.

Рассмотрим пример профессионального подхода к проектированию ГИС, предложенный в КБ «Панорама», отражающий упрощение процесса проектирования и адаптации к конкретным задачам пользователя [1, 2].

Так в ГИС «Карта 2011» предусмотрен подход, в котором пользователь получает готовую ГИС «Карта 2011» в базовом комплекте и избегает трудоемких этапов. Базовый комплект снабжен специальным механизмом, который позволяет адаптировать его под конкретные задачи пользователя. Пользователь осуществляет проектирование только на трех этапах, которые включают следующие последовательности: модернизация, тестирование, сопровождение.

Из классического канонического проектирования пользователь применяет только подход «as-is» -> «to-be». Это означает, что исходный базовый комплект рассматривают как модель «как есть» («as-is»), которая отражает существующие в комплекте функции, операции и возможности. Проектируемый комплект рассматривается как модель «как должно быть» («to-be»), которая отражает необходимые изменения базового комплекта под запросы пользователя.

Кроме того, эта технология позволяет более эффективно поддерживать связь между группой профессионалов, разработчиков базового комплекта и группой пользователей, адаптирующих данный комплект под свои задачи.

Технологическая схема адаптивного проектирования включает намного меньше этапов и требует меньших ресурсов.

Особенностью подхода, разработанного в КБ «Панорама», является необходимость построения интерфейса по преобразованию базового комплекта вручную, что является не совсем простой задачей.

Для упрощения этой задачи в КБ «Панорама» предложен специальный инструментальный разработчика GIS ToolKit, который представляет набор компонентов для создания ГИС-приложений в среде визуального программирования Delphi и C++ Builder.

Используя более 25 компонентов и набор классов GIS ToolKit, программист получает удобный доступ к картографической информации. Визуальные компоненты поставляются в исходных текстах с примерами приложений, документацией в электронном виде, доступна встроенная помощь.

Ядром ГИС-приложения является компонент TMapView, отвечающий за отображение картографической информации. Система GIS ToolKit не накладывает ограничений на

количество применяемых компонентов в одном приложении. Каждый экземпляр компонента TMapView организует работу с одним районом работ. Все остальные компоненты связаны с одним из компонентов TMapView [3].

Большинство известных ГИС являются платными разработками (ArcGIS, MapInfo), цены на которые достигают нескольких сотен тысяч рублей за одну рабочую станцию, и пользователи таких систем имеют ограниченные возможности редактирования ГИС и доработки в соответствии с необходимостью решения дополнительных задач. Остальные ГИС реализуются по свободно распространяемой лицензии, но обладают такими недостатками, как ограниченный функционал, разработка только под одну операционную систему, сложность интеграции с другими программными средствами. Еще одним недостатком большинства ГИС является отображение местности в 2D- или 2,5D-виде. Функции 3D-отображения в существующих ГИС реализованы в малом количестве и носят, как правило, базовый характер.

Разработки 3D-ГИС на данный момент производятся в основном по специальным заказам от крупных предприятий, и эти системы решают только тот ряд задач, который был поставлен заказчиком. По этой причине не существует общепринятого подхода к проектированию и разработке 3D-ГИС широкой области применения с гибким функционалом.

Предлагается подход к проектированию 3D-ГИС, позволяющий разрабатывать системы 3D-визуализации различной области применения с использованием существующих свободно распространяемых библиотек.

Подход к проектированию 3D-ГИС на основе свободно распространяемых библиотек

Подход к проектированию 3D-ГИС опирается на этапы жизненного цикла 3D-ГИС, которые, как и у любой информационной системы [4], могут включать:

- 1) анализ требований пользователя и функциональных возможностей используемых программных средств 3D-ГИС;
- 2) проектирование 3D-ГИС;
- 3) разработка 3D-ГИС;
- 4) тестирование и отладка;
- 5) эксплуатация и сопровождение.

Базирование на этапы жизненного цикла позволяет сориентировать и связать и результаты на каждом шаге разработки 3D-ГИС в процесс понятной и достаточно эффективной последовательности действий, обеспечивающих достижение поставленной цели и выполнение заданных требований.

Подход разбит на отдельные шаги, ориентированные на содержательность этапов жизненного цикла, причем объем работ на каждом шаге может быть разным и зависеть от вида запланированной разработки и выражаться теми средствами представления, которые могут быть подвергнуты контролю и служить при необходимости входной информацией для следующего этапа. Кроме этого, имеется возможность корректной документированности

всех построенных процедур и получаемых результатов для их дальнейшего использования в процессах моделирования и эксплуатации.

Рассмотрим предлагаемый подход в виде множества составных частей.

На *первом этапе* жизненного цикла 3D-ГИС формируется функционал будущей 3D-ГИС на основе введенной проектировщиком информации через интерфейс разработчика.

Вторым этапом жизненного цикла 3D-ГИС является собственно проектирование 3D-ГИС. На данном этапе формируется проектное решение с возможностью визуализации проекта и генерации файлов заголовков будущей 3D-ГИС.

При анализе возможностей использования существующих библиотек выявляются функции, которые проектировщику приходится разрабатывать самостоятельно, а также решать задачи взаимодействия между самими библиотеками и собственными разработками.

В основу проектирования 3D-ГИС положено ядро, состав которого является необходимым атрибутом всякой аналогичной системы и отражает такие функции, как визуализация обстановки, имитация движения трехмерных объектов, работа с событиями внешнего мира, интерфейсная часть.

На *третьем этапе* жизненного цикла идет разработка программного обеспечения. На этом этапе создаются базовые компоненты ядра:

- компонент 3D-визуализации, включающий построение 3D-модели Земли, отображение векторных и растровых форматов данных и 3D-моделей объектов [5];
- компонент работы с источниками обстановки, включающий открытие и привязку карт и текстур наиболее распространенных форматов, формирование библиотек 3D-объектов, кеширование данных от интернет-источников [5];
- компонент поддержки интерфейсов взаимодействия с внешними системами, обеспечивающий автоматизированное нанесение и изменение 3D-обстановки через программные интерфейсы, получение информации по объектам 3D-обстановки из внешних источников, вывод справки об интересующем объекте [6];
- компонент имитации движения объектов, включающий задание траекторий, скоростей движения, создание сценариев движения объектов, моделирование динамики перемещения объектов.

На этом же этапе строятся средства интерактивного взаимодействия с пользователем, а также реализуются следующие функции: построение трехмерной модели поверхности Земли в каркасном или текстурированном виде; масштабирование трехмерной модели с автоматической генерализацией объектов; навигация по трехмерной сцене в режиме реального времени; выбор режима перемещения по трехмерной модели; отображение векторных и растровых карт; поиск и выделение объектов по различным критериям отбора; фиксация участка местности в заданном масштабе; отображение пути по рельефу местности и перемещение виртуальной камеры по нему; отображение классификатора 3D-моделей [3].

На *четвертом этапе* производится моделирование и оценка полноты выполнения требований согласно поставленной задаче. На этом этапе осуществляются следующие действия: компоновка программных средств; выбор среды моделирования; подготовка тестовых данных; запуск и пошаговый контроль системы; загрузка тестовых данных (указание координат района Земли, загрузка векторных и растровых данных, загрузка 3D-объектов); навигация по 3D-глобусу (масштабирование местности, переход по координатам); управление слоями и объектами обстановки; поиск и выделение объектов; взаимодействие 3D-ГИС с внешними системами; моделирование движения 3D-объектов.

На *пятом этапе* выполняется стандартная процедура эксплуатации и сопровождения ИС, не измененная особенностями 3D-ГИС.

CASE-СРЕДСТВО 3D-ГИС

Предлагаемый подход позволяет обеспечить информационную поддержку всех этапов жизненного цикла и реализуется в виде CASE-средства, структура которого приведена на рисунке 1.

CASE-средство состоит из 3 уровней. Первый уровень – уровень хранения данных – содержит базу данных описания обстановки и базу данных инструментов реализации. Эти базы строятся на основе двух реляционных мо-

делей представления данных: модели обстановки (рис. 2) и модели описания инструментов (рис. 4). Данные модели используются для описания функций и объектов проектируемой 3D-ГИС, а именно: на уровне представления информации находится интерфейс разработчика, который позволяет использовать модели и предоставить проектировщику средства для формализации функциональных требований. Также через интерфейс проектировщик и программист могут получать доступ к результатам проектирования, а именно: просматривать проектные решения в виде диаграмм и получать файлы заголовков на выбранном языке программирования.

На втором уровне – уровне бизнес-логики – находятся функциональные модули, позволяющие на основе пересечения множеств функций обобщенной функциональной модели 3D-ГИС (рис. 3) и функций, описанных проектировщиком, определять доступные для данного проекта библиотеки и на основе описания библиотек на уровне хранения в модуле проектирования формировать проектные решения.

К проектным решениям относятся:

- структурная модель (рис. 6), в которой библиотеки объединяются в функциональные подсистемы и обозначаются модули, требуемые для собственной разработки, и с учетом выбранных библиотек определяется архитектура

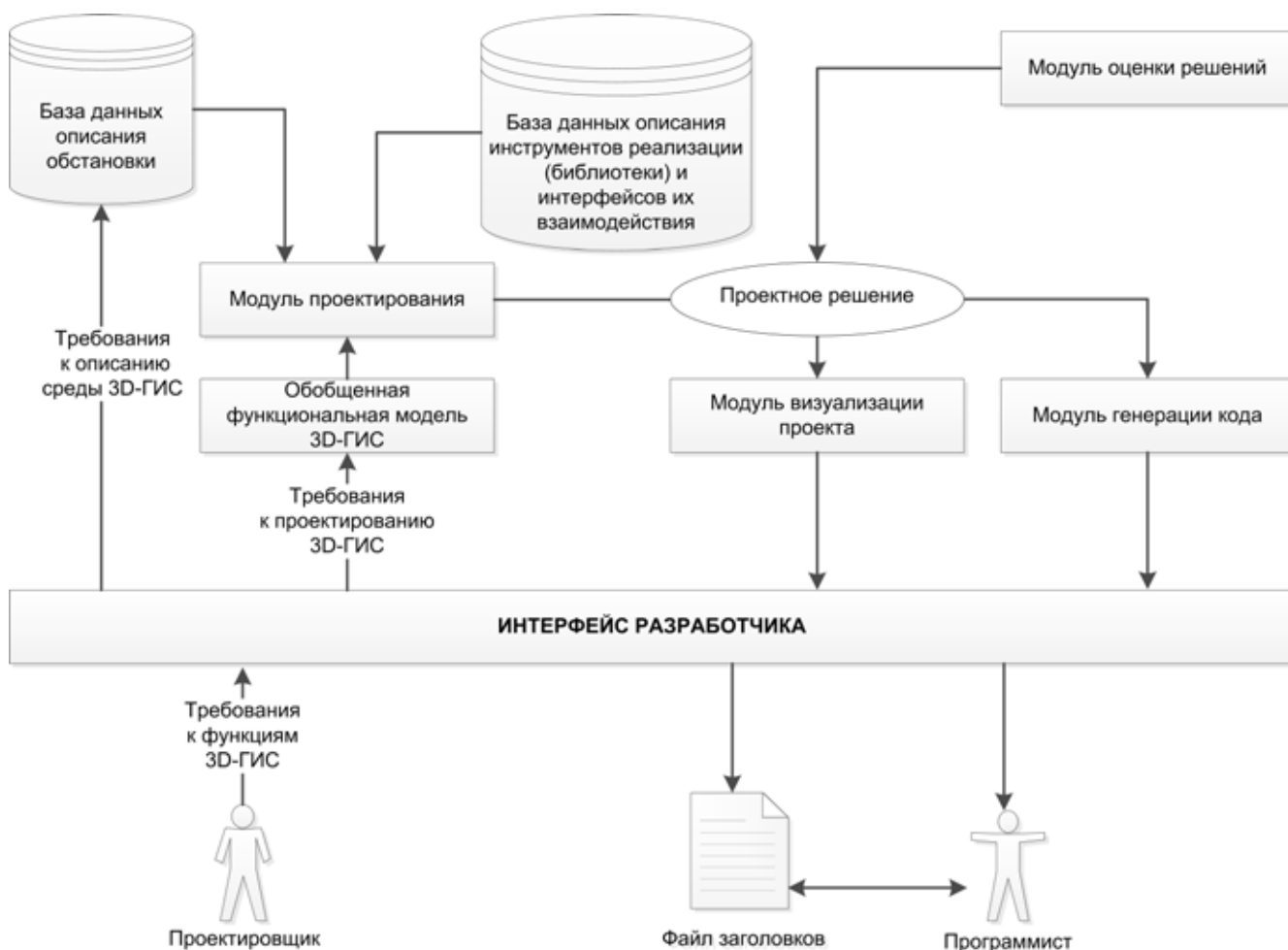


Рис. 1. Структура CASE-средства проектирования 3D-ГИС

(клиент-серверная, web-сервис-ориентированная и т. д.) 3D-ГИС;

- функциональная модель проектируемой 3D-ГИС на основе требований проектировщика может быть представлена в виде дерева функций или в виде диаграммы UML прецедентов использования;

- диаграмма интерфейсов, которая описывает схему API между свободно распространяемыми библиотеками и собственными разработками в виде диаграмм классов UML.

На основе указанных требований может быть сформировано несколько вариантов проектных решений, которые автоматизированно оцениваются в модуле оценки решений по следующим критериям: количество строк кода в библиотеке, количество связей между библиотеками, однородность технологий разработки (языка описания, протоколов взаимодействия, архитектуры и т. д.).

На третьем уровне – уровне представления – находятся интерфейс разработчика и модуль визуализации. На базе полученных оценок пользователь может выбрать лучшее для него проектное решение и просмотреть его в виде диаграмм в модуле визуализации, а также на базе диаграммы классов получить заголовочные файлы с помощью модуля генерации кода.

Предлагаемое CASE-средство может осуществлять информационную поддержку проектировщику и разработчику на этапах анализа и проектирования 3D-ГИС, а файлы заголовков являются результатом проектирования, используемым на этапе реализации 3D-ГИС.

МОДЕЛИ ПОСТРОЕНИЯ 3D-ГИС

Перечень моделей образуется в результате рассмотрения взаимодействия 3D-ГИС с внешней средой и содержательной частью задания на проектирование.

CASE-средство базируется на использовании следующих основных моделей:

- 1) Модель описания обстановки (внешняя среда);
- 2) Обобщённая функциональная модель 3D-ГИС;
- 3) Модель описания свободно распространяемых библиотек;
- 4) Модель проекций;
- 5) Брокерная модель;
- 6) Композиционная модель.

Использование модели описания обстановки и обобщенной функциональной модели 3D-ГИС позволяет формализовать требования к проектируемой 3D-ГИС. Модель описания свободно распространяемых библиотек и модель проекций обеспечивают для полученных фор-

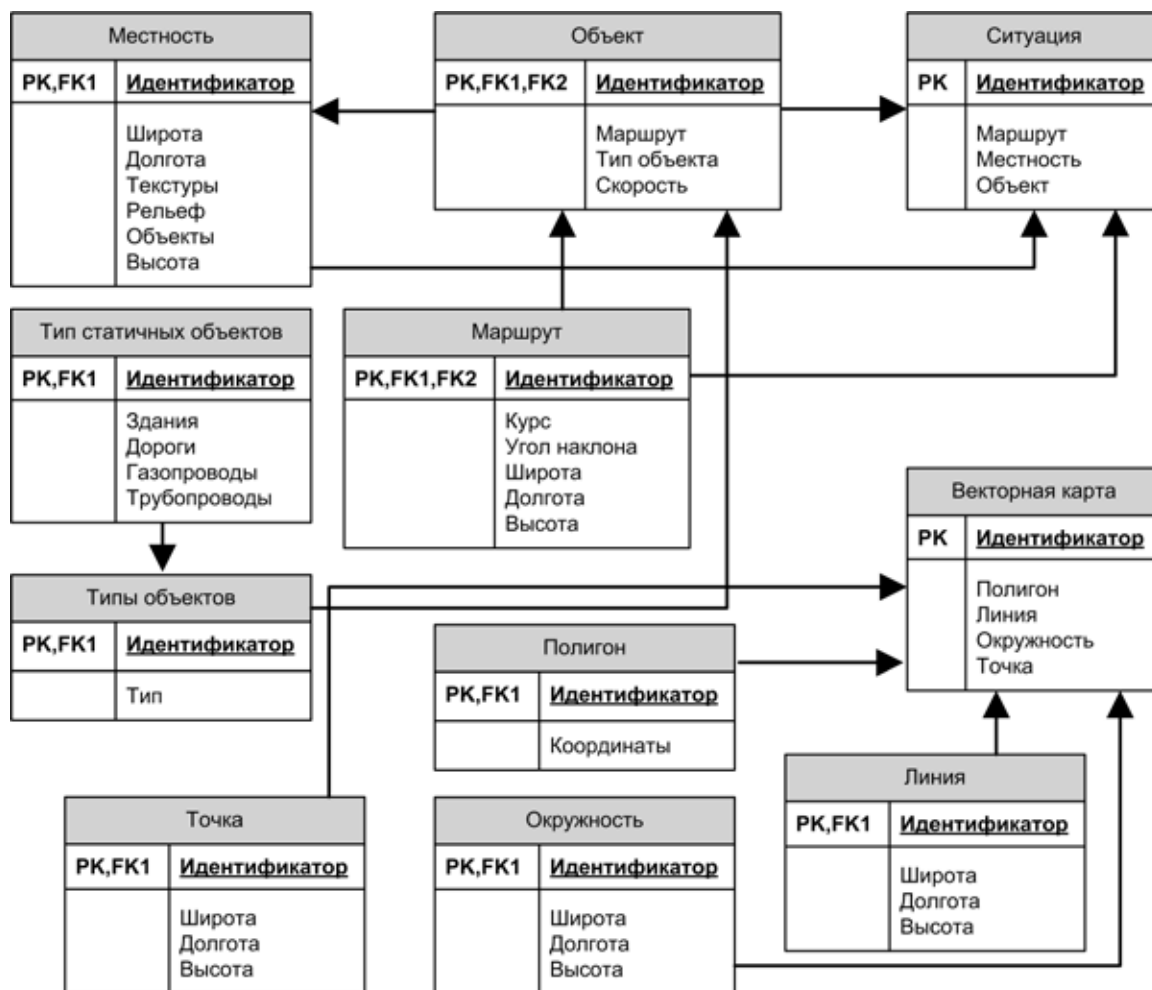


Рис. 2. База данных хранения информации об обстановке

мализованных требований необходимый подбор среди свободно распространяемых библиотек, подходящих для построения конкретной 3D-ГИС. На основе брокерной модели разрабатывается схема интеграции выбранных библиотек, а на базе композиционной модели строится структура 3D-ГИС.

Модель описания обстановки 3D-ГИС

Модель обстановки должна иметь универсальный способ отображения ее составных элементов и удобства при проектировании 3D-ГИС. Модель обстановки включает в себя саму местность, модели текстур и рельефа, динамические и статические объекты, которые взаимодействуют между собой.

На основе модели описания обстановки строится база данных, в которую загружается информация из внешней среды и оператора (рис. 2). В базе данных обстановки выделяются следующие таблицы: местность, объект, ситуация, маршрут, а также такая информация, как растровые карты и составные элементы векторных карт. В каждой таблице имеется уникальный идентификатор, позволяющий однозначно определить тот или иной элемент таблицы.

Обобщенная функциональная модель

Требования, формируемые в процессе анализа задачи, интерпретированы множеством алгоритмов, описанных формальным образом. Организация функционирования

3D-ГИС представлена на рисунке 3, на котором отображаются процессы и функции, применяемые как для проектирования, так и для реализации 3D-ГИС в реальных условиях [5]. Здесь под понятием «работа» подразумеваются процессы, которые необходимо выполнить как на стадиях предварительного и последующего проектирования (работа с графикой: построение 3D-модели Земли, отображение векторных и растровых форматов, отображение 3D-моделей объектов, отображение рельефа местности), так и на стадии непосредственного создания системы (программирование: разработка компонентов ядра, работа с базами данных: PostgreSQL, SQLite, LevelDB). Для обеспечения работы с файловой системой, работы с Интернет и работы с геоданными в рамках предлагаемого подхода осуществляется обоснованная выборка необходимых свободно распространяемых библиотек с требуемыми функциями [1].

На рисунке 3 описана функциональная модель 3D-ГИС, включающая в себя такие работы, как: работа с графикой, работа с Интернет, работа с базами данных, работа с геоданными. Отдельно выделяется работа с файловой системой, без которой невозможно обеспечить функции, решаемые перечисленными выше задачами [7].

Функции, обеспечивающие работу с графикой, визуализируют 3D-глобус, обстановку на карте, 3D-объекты, текстуры и рельеф. Первоначальная векторная простран-

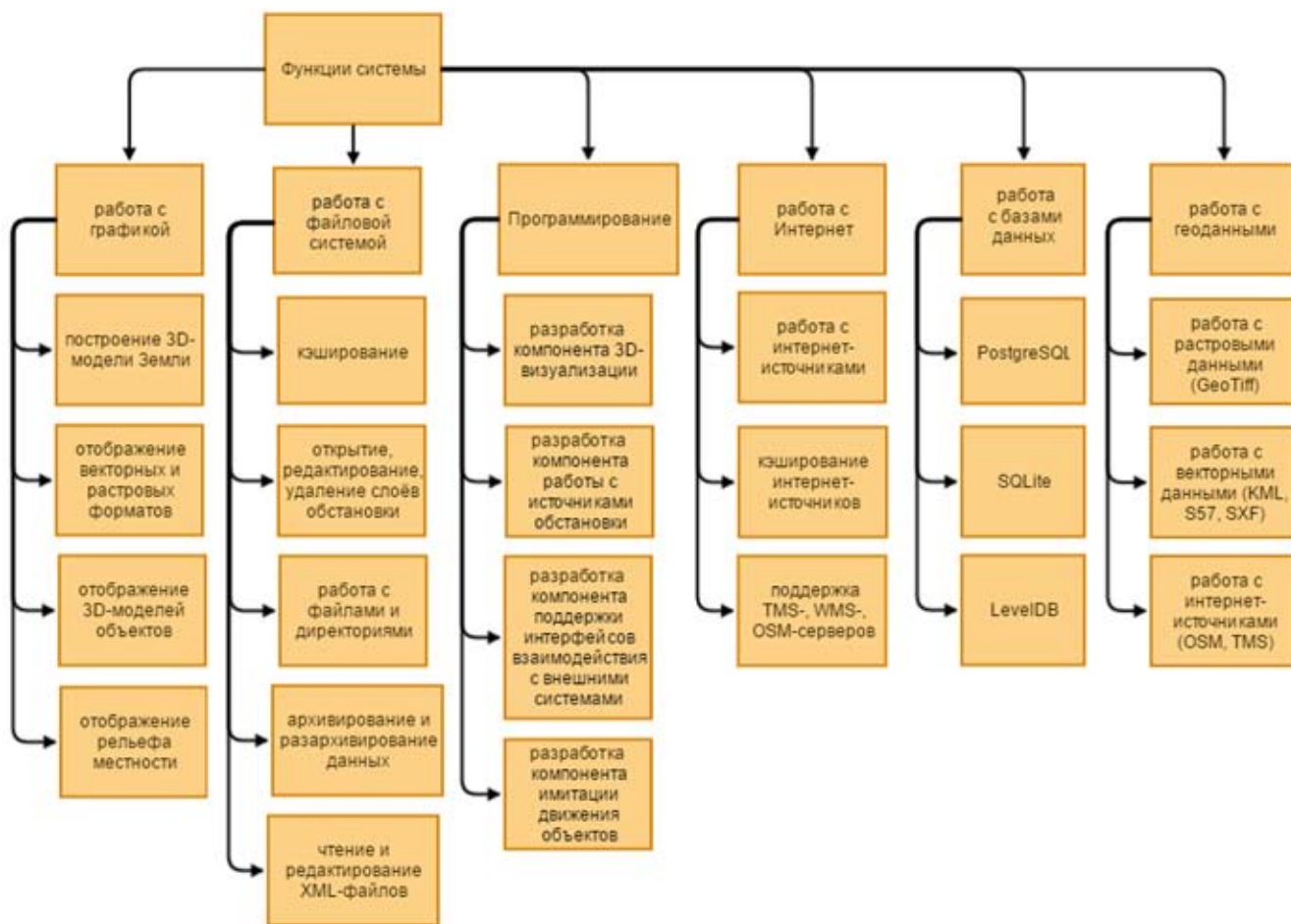


Рис. 3. Функциональная модель 3D-ГИС

ственная модель описывает при помощи уравнений положение объектов на 3D-сцене. Далее эта модель преобразовывается в растровое изображение и при помощи пикселей отображается на экране.

Функции для работы с Интернет обеспечивают взаимодействие с Интернет-источниками обстановки, векторными (WMS, WFS) и растровыми форматами данных.

В базу данных заносится информация о текстурах, высотах и 3D-объектах, используемых в 3D-ГИС в различных СУБД.

Функции, обеспечивающие работу с геоданными, дают возможность создания, чтения и редактирования растровых и векторных данных. Все геоданные хранятся в базе данных, что позволяет обеспечить быстрый поиск и доступ к ним.

Для обеспечения выполнения перечисленных выше работ необходимо иметь полный набор библиотек, который мог бы решать все поставленные задачи. При этом все ресурсы в наборе должны быть совместимы с языком программирования, на котором создается 3D-ГИС. Однако на практике такой набор найти не представляется возможным.

Модель описания свободно распространяемых библиотек

Построение ядра опирается на использование свободно распространяемых библиотек (3D-движков), которых существует достаточно большое количество и каждая из которых обладает своими функциональными возможностями. Необходимо сформировать базу библиотек и задать им необходимые функциональные характеристики с возможностью оценивания их применимости в конкретных задачах. Отсюда возникает потребность их оперативного сбора, упорядоченного хранения и быстрого поиска для использования при проектировании 3D-ГИС. База данных библиотек должна быть пополняемой, т. к. количество движков неуклонно увеличивается и появляются движки с новыми функциональными возможностями. Необходимо учитывать совместимость технологий программирования, на которых построены библиотеки. В случае наличия несовместимой библиотеки и отсутствия ее подходящего аналога требуется разработать собственный вариант, реализующий заданный алгоритм.

Один из возможных наборов библиотек, который может быть использован для проектирования 3D-ГИС-отображения обстановки, состоит из таких библиотек, как OpenSceneGraph, osgEarth, GDAL, CURL, GEOS, MiniZip, OGR, Qt, CMake, OpenGL, LevelDB, SQLite.

На основе анализа свободно распространяемых библиотек и их взаимодействия между собой разработана ERD-модель библиотек (рис. 4), которая позволяет накапливать информацию обо всех проанализированных библиотеках и их функциях. У библиотек выделяются следующие атрибуты, которые хранятся в таблице «Библиотеки»: название библиотеки, язык разработки, операционная система (кроссплатформенность). В таблице «Связи» размещены

пары библиотек, у которых реализовано взаимодействие между собой средствами API. Для каждой библиотеки определена иерархия классов функций, и все функции сохраняются в базе данных с указанием следующих атрибутов: название функции, класс функций, входные данные функции, выходные данные функции.

Рассмотренная структура хранения библиотек и их функций позволяет классифицировать все свободно распространяемые библиотеки и обеспечивает их удобный поиск по различным критериям при использовании CASE-средства 3D-ГИС.

Модель проекций

Модель проекций представляет собой отображение функциональных возможностей библиотек на компоненты ядра. Связи между библиотеками и компонентами ядра отражают функциональную нагрузку ядра. Функции отдельного компонента ядра могут быть обеспечены несколькими библиотеками [1]. Некоторые библиотеки обладают большим количеством функций и могут охватить несколько требований того или иного компонента ядра. Построение модели проекций завершается при возможности полным покрытием функций компонентов ядра библиотеками, в противном случае, недостающие функции покрываются собственными разработками.

Для реализации компонента 3D-визуализации из рассмотренных библиотек выделяются такие, которые обеспечивают отображение трехмерной графики и 3D-модели Земли: OpenGL, osgEarth. Библиотека OpenGL представляет собой программный интерфейс для создания приложений, использующих двумерную и трехмерную графику. Библиотека osgEarth является набором инструментов для визуализации земной поверхности в трехмерном виде.

При разработке компонента работы с источниками обстановки используются библиотеки взаимодействия с геоданными: OGR, GDAL. Библиотека GDAL обеспечивает чтение и редактирование карт растровых форматов, а расширение OGR – карт векторных форматов.

Для компонента поддержки интерфейсов взаимодействия с внешними системами требуются библиотеки, обеспечивающие работу с файловой системой и ресурсами

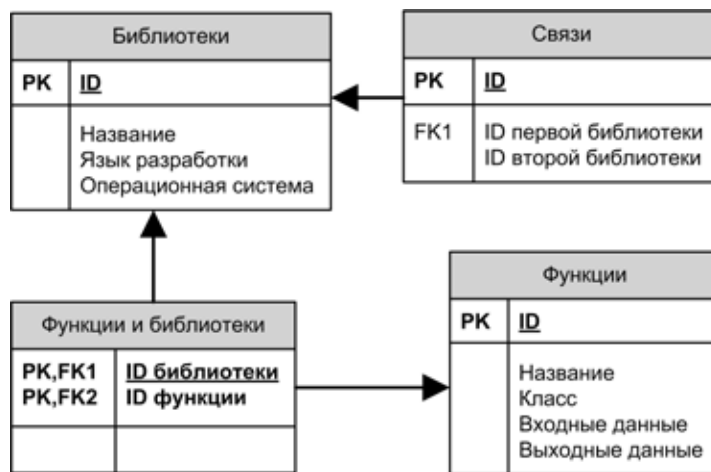


Рис. 4. ERD-модель библиотек

Интернет: CURL. Библиотека CURL позволяет взаимодействовать с большим количеством серверов по множеству различных протоколов с синтаксисом URL.

Компонент имитации движения объектов реализуется при помощи функций, позволяющих изменять координаты 3D-объектов, с использованием библиотеки OpenGL.

Отдельно можно выделить библиотеку Qt, которая является кроссплатформенным инструментарием разработки ПО на языке программирования C++ и реализует основной функционал всех компонентов ядра.

Первый тип геоинформационных данных — растровые данные. Наиболее распространенными видами растровых данных являются цифровые спутниковые снимки или аэрофотоснимки. В виде растровых данных также могут быть представлены любые объекты карты.

В ГИС широко используются векторные данные, которые могут быть представлены в трех формах: точки, линии, полигоны.

Среди рассмотренных свободно распространяемых библиотек работу с геоданными обеспечивают две библиотеки: GDAL и OGR. В библиотеке GDAL реализована возможность чтения, записи и редактирования геоданных наиболее широко используемых растровых форматов: GeoTiff, JPEG, MAP, WMS и др. Библиотека OGR является дополнительным инструментарием к библиотеке GDAL, который позволяет работать с векторными форматами карт: KML, OSM, S57, SXF, WFS и др. [5, 7].

Брокерная модель

Основная трудность работы с библиотеками состоит в том, что необходимо устанавливать их взаимодействие между собой и с собственными разработками. Другими словами, возникает процесс интеграции библиотек и собственных разработок, который опирается на три известных подхода: использование брокера, использование шины и использование Web-сервисов [8, 9].

Наиболее подходящей моделью для создания 3D-ГИС является брокер, представляющий собой центральный узел, к которому обращаются интегрируемые подсистемы и библиотеки и на который возлагаются функции адресации и трансформации передаваемых данных.

Брокер реализуется в виде модуля, который обеспечивает подключение через адаптер выбранной библиотеки

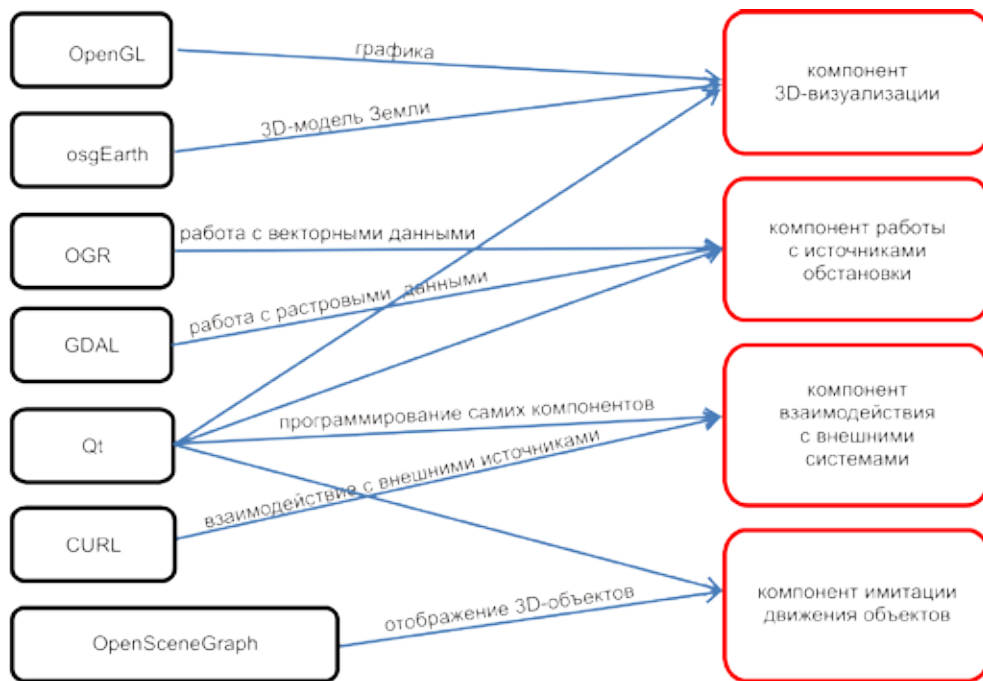


Рис. 5. Проекция свободно распространяемых библиотек на компоненты ядра

или собственной программной разработки на вход ядра 3D-ГИС.

Количество входов у брокера равно количеству библиотек плюс число собственных разработок, для которых не требуются адаптеры.

Композиционная модель 3D-ГИС

Композиционную модель 3D-ГИС целесообразнее рассмотреть на примере построения 3D-ГИС-отображения обстановки.

Композиция включает в себя две составляющие:

- 1) общий функционал 3D-ГИС, получаемый из анализа задачи;
- 2) общая модель ядра 3D-ГИС.

Функционал может быть подвергнут разбиению на множество составных функций, и часть этих функций может быть реализована с помощью библиотек, а функции, для которых нет библиотек, реализуются собственными разработками.

Наращиваемость ядра осуществляется на базе реализаций составных функций с помощью библиотек и собственных разработок. В результате формируется расширенное и наполненное необходимыми функциями модифицированное ядро 3D-ГИС, представляющее собой разрабатываемую 3D-ГИС.

На рисунке 6 представлен пример композиционной модели модифицированного ядра 3D-ГИС.

Описанные 6 моделей являются необходимой модельной базой проектирования 3D-ГИС, которая позволяет создавать программную реализацию базовых компонентов ядра 3D-ГИС и после этого переходить к моделированию и оценке качества выполняемых требований согласной поставленной задаче.

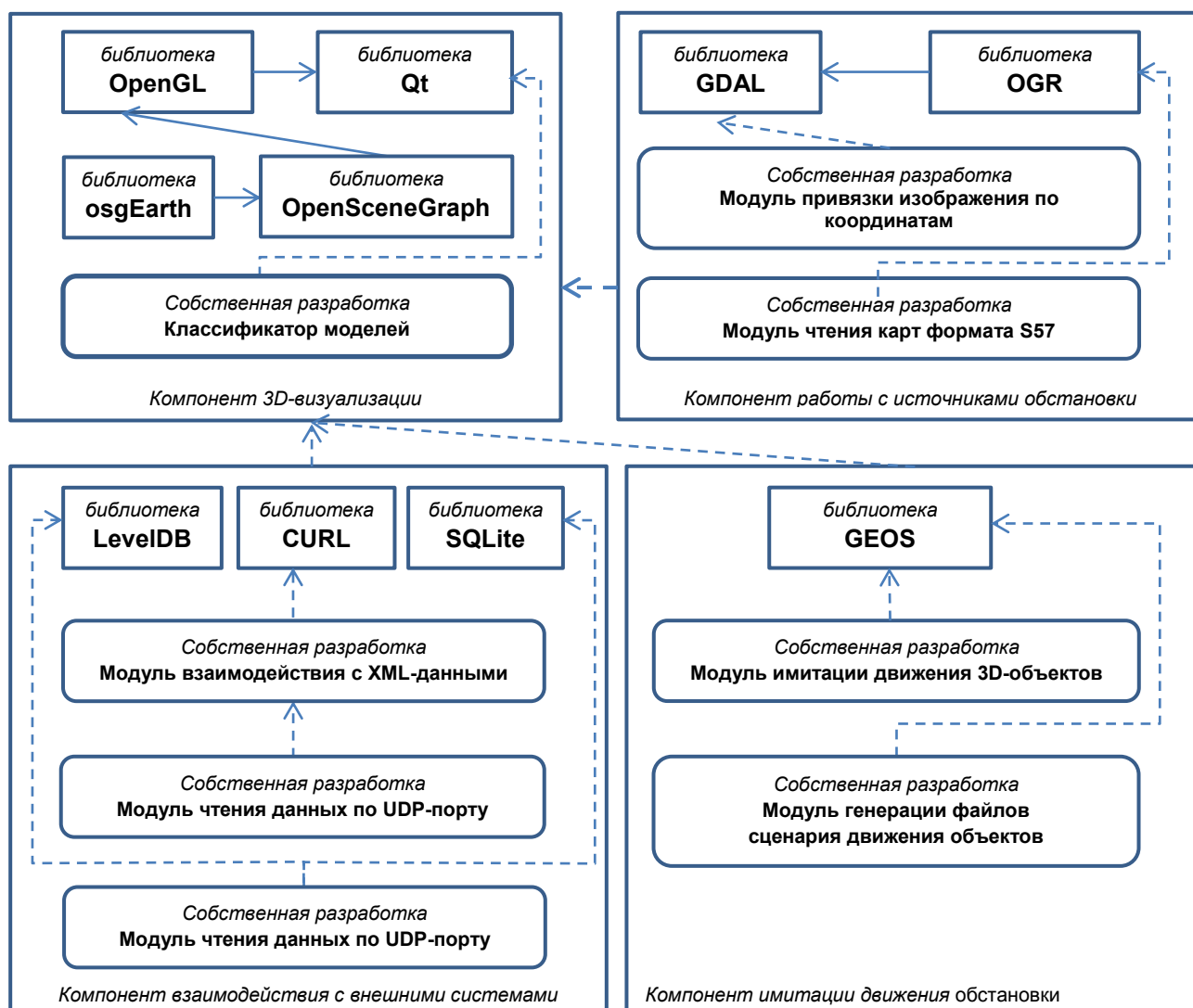


Рис. 6. Пример композиционной модели ядра 3D-ГИС

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

На основании предложенного подхода и его составных процедур была создана 3D-ГИС отображения морской, наземной и воздушной обстановок, которая апробировалась на множестве входных данных и показала свою действенность. Система обрабатывала данные, вводимые оператором вручную в XML-формате, и данные, вводимые автоматически через интерфейсы взаимодействия с внешними системами. Для создания 3D-ГИС использовалась среда разработки Qt и язык программирования C++. Система позволяет отображать обстановку в реальном времени, реагировать на движения объектов и аппроксимировать изменения траекторий движения с заданной точностью.

При проектировании 3D-ГИС на свободно распространяемых ресурсах уменьшается процент выполняемых работ за счёт использования готовых решений; применение библиотек как апробированных и готовых информационных блоков в проектируемой системе позволяет увеличить достоверность обработки данных, надежность, защищенность, не требуется оптимизация готовых реше-

ний. Таким образом, можно достичь качества не хуже, чем в коммерческих продуктах.

Предложенный подход и CASE-средство 3D-ГИС позволяют сформировать методику построения 3D-ГИС для различных приложений и использовать её как эффективный инструментарий в руках разработчика подобных ИС.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Дышленко С.Г. Использование адаптивного механизма «ГИС Конструктор» проектирования ГИС в области навигации // Землеустройство, кадастр и мониторинг земель. – 2010. – № 6. – С. 77–82.
2. Дышленко С.Г., Цветков В.Я. Особенности проектирования ГИС пользователя на основе базового комплекта ГИС «Карта 2011» // Землеустройство, кадастр и мониторинг земель. – 2010. – № 8. – С. 79–84.
3. Дышленко С.Г. Трёхмерное моделирование в ГИС // Перспективы науки и образования. – 2014. – № 2 (8). – С. 28–34.

4. Ефимов Г. Жизненный цикл информационных систем // Сетевой журнал. – 2001. – № 2. – URL: <http://www.setevoi.ru/cgi-bin/text.pl/magazines/2001/2/44>.

5. Булаев А.А., Смагин А.А. Проектирование системы 3D-ГИС визуализации на базе свободно распространяемых ресурсов // Информационные системы и технологии 2015: матер. III Международной науч.-техн. интернет-конф. – URL: <http://youconf.ru/isit2015/members/view/401>.

6. Кулагин В.П., Цветков В.Я. Геоинформационные и информационные технологии // Геодезия и картография. – 2002. – № 3. – С. 41–43.

7. Павлыгин Э.Д., Соснин П.И. Многоагентное моделирование и визуализация окружающей обстановки морского судна // Автоматизация процессов. – 2010. – № 2 (20). – С. 3–11.

8. Добровольский А. Интеграция приложений: методы взаимодействия, топология, инструменты // Открытые системы. – 2006. – № 9. – С. 30–34.

9. Шабалкин Д.Ю., Липатова С.В. Построение интегрированной поливендорной цифровой среды, обеспечивающей поддержку жизненного цикла воздушного судна на основе сервис-ориентированного подхода // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. – 2013. – Т. 15, № 4–3. – С. 653–661.

REFERENCES

1. Dyshlenko S.G. Ispolzovanie adaptivnogo mekhanizma "GIS Konstruktor" proektirovaniia GIS v oblasti navigatsii [Using an Adaptive Mechanism "GIS Konstruktor" for GIS Design in the Field of Navigation]. *Zemleustroistvo, kadastr i monitoring zemel* [Management, Cadastre, and Monitoring of Lands], 2010, no. 6, pp. 77–82.

2. Dyshlenko S.G., Tsvetkov V.Ya. Osobennosti proektirovaniia GIS polzovatelia na osnove bazovogo kompleksa GIS «Karta 2011» [Features of GIS-user Design on the Basis of Basic GIS-Package "Karta-2011"]. *Zemleustroistvo, kadastr i monitoring zemel* [Management, Cadastre, and Monitoring of Lands], 2010, no. 8, pp. 79–84.

3. Dyshlenko S.G. Trekhmernoe modelirovanie v GIS [Tree-dimensional Modeling in GIS]. *Perspektivy nauki i obrazovaniia* [Prospectives of Science and Education], 2014, no. 2 (8), pp. 28–34.

4. Efimov G. Zhiznennyi tsikl informatsionnykh sistem [Information System Lifecycle]. *Setevoi zhurnal* [Network Magazine], 2001, no. 2, Available at: <http://www.setevoi.ru/cgi-bin/text.pl/magazines/2001/2/44>.

5. Bulaev A.A., Smagin A.A. Proektirovanie sistemy 3D-GIS vizualizatsii na baze svobodno rasprostraniayemykh resursov [Designing of 3D-GIS Visualization based on Free Resources]. *Informatsionnye sistemy i tekhnologii 2015. Mater. III Mezhdunarodnoi nauch.-tekhn. internet-konf.* [Proc. of the 3d Int. Sci. Internet-Conf. Information Systems and Technologies 2015]. Available at: <http://youconf.ru/isit2015/members/view/401>.

6. Kulagin V.P., Tsvetkov V.Ya. Geoinformatsionnye i informatsionnye tekhnologii [Geoinformational and Informational Technologies]. *Geodeziia i kartografiia* [Geodesy and Cartography]. 2002, no. 3, pp. 41–43.

7. Pavlygin E.D., Sosnin P.I. Mnogoagentnoe modelirovanie i vizualizatsiia okruzhaiushchei obstanovki morskogo sudna [Multiagent Modeling and Visualization of Environment for Seagoing Craft]. *Avtomatizatsiia protsessov upravleniia* [Automation of Control Processes], 2010, no. 2 (20), pp. 3–11.

8. Dobrovolskiy A. Integratsiia prilozhenii. Metody vzaimodeistviia, topologiiia, instrumenty [Application Integration. Interaction Methods, Topology, Tools]. *Otkrytye sistemy* [Open Systems Journal], 2006, no. 9, pp. 30–34.

9. Shabalkin D.Yu., Lipatova S.V. Postroenie integrirovannoi polivendornoii tsifrovoi sredy, obespechivaiushchei podderzhku zhiznennogo tsikla vozdushnogo sudna na osnove servis-orientirovannogo podkhoda [Creation of the Integrated Polyvendor Digital Environment Providing Aircraft Lifecycle Support on the Basis of Service-Oriented Approach]. *Izvestiia Samarskogo nauchnogo tsentra Rossiiskoi akademii nauk* [Proc. of the Samara Sci. Center of the Russian Academy of Sciences], 2013, vol. 15, no. 4–3, pp. 653–661.