



УДК 004.67

Н. А. Жукова

Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В. И. Ульянова (Ленина)

Шаблоны проектирования объектно-ориентированных интеллектуальных геоинформационных систем

Предлагаются шаблоны для разработки объектно-ориентированных описаний интеллектуальных геоинформационных систем, ориентированных на решение задач обработки и анализа данных в прикладных предметных областях. Шаблоны разрабатываются в рамках общей концепции построения объектно-ориентированных интеллектуальных систем в соответствии с методологией гибкого проектирования. В состав разработанных шаблонов входят шаблоны описания отдельных объектов, а также шаблоны информационных моделей системы.

Интеллектуальные ГИС, объектно-ориентированный подход, шаблоны проектирования

Геоинформационные системы (ГИС) благодаря удобному и простому интерфейсу стали практически с момента своего появления активно применяться в различных предметных областях как рядовыми пользователями, так и специалистами. Высокая востребованность ГИС обеспечила их быстрое развитие, а повышение уровня сложности задач привело к активному использованию средств искусственного интеллекта и, как следствие, к возникновению интеллектуальных ГИС. Под интеллектуальной ГИС (ИГИС) понимается ГИС, которая включает в свой состав интегрированные средства и/или системы искусственной интеллектуальности [1]. В настоящее время ИГИС может рассматриваться как высокоуровневая информационная, технологическая, архитектурная и программная платформа, которая может применяться для решения, в том числе, плохо формализованных задач различных прикладных предметных областей.

ИГИС представляет собой объектно-ориентированную систему как с точки зрения организации системы, так и с точки зрения представления данных. В основу ИГИС платформы положена унифицированная модель данных, которая определяет логическую и математическую структуру представления данных, знаний и информации в системе [2].

ИГИС включает в себя ряд базовых компонентов, основными из которых являются: машина логического вывода и экспертная система; система баз знаний (онтология); визуальная среда разработки онтологий; визуальная среда разработки моделей функционирования объектов в ИГИС; система формирования и выполнения бизнес-процессов; система моделирования; система поддержки принятия решений.

Сложность современных ИГИС приводит к большим затратам на их проектирование, разработку и реализацию, что в перспективе может негативно сказаться на динамике развития систем в целом. Наибольшие затраты связаны с этапом проектирования. В затраты этапа проектирования включаются затраты, непосредственно связанные с разработкой проектных решений, а также затраты на исправление допущенных при проектировании ошибок.

Снижение затрат на проектирование информационных систем, как правило, обеспечивается за счет использования при проектировании типовых решений, оформленных в виде шаблонов [3]. В настоящее время для проектирования объектно-ориентированных информационных систем разработано большое количество разнообразных шаблонов [4]. Однако проведенный анализ пока-

зал, что существующие шаблоны являются достаточно частными и могут использоваться только при проектировании отдельных компонентов и модулей ИГИС, но не систем в целом. Кроме того, существующие шаблоны не учитывают ряда требований, предъявляемых к современным геоинформационным системам [1].

В статье рассматривается набор шаблонов, необходимых для проектирования интеллектуальных ГИС, и приводится их общее описание. Предлагаемые шаблоны позволяют строить объектно-ориентированные описания систем и не накладывают ограничений на способы реализации формируемых проектных решений. В первую очередь разработанный набор шаблонов ориентирован на проектирование информационно-управляющих ИГИС, предназначенных для решения задач обработки и анализа данных.

Анализ подходов к проектированию интеллектуальных геоинформационных систем. Проектирование ИГИС в настоящее время осуществляется с использованием подходов, рассмотренных в [4]–[7], однако наблюдаются устойчивые тенденции применения гибких технологий проектирования. Гибкие технологии ориентированы на адаптацию типовых решений к одному или нескольким контекстам их использования. Адаптация осуществляется на уровне описания предметных областей, а также на уровне интеграции технологий и/или крупных программных компонентов, что позволяет сократить объем ресурсов, затрачиваемых на разработку, и снизить требования к специалистам по информационным технологиям (ИТ), ведущим разработки.

Методология проектирования ИГИС на основе гибкого подхода [8] предполагает:

- разработку объектно-ориентированного описания проектируемой ИГИС и модели предметной области, для которой создается система;
- разработку стека моделей архитектурного описания системы на основе стека моделей, определяемых методологией Model Driven Architecture (MDE), разработку системы онтологий, включающей описания сформированных архитектурных решений, а также описания данных, информации и знаний, предназначенных для использования в конечной системе;
- определение состава и взаимосвязей технологий, компонентов и модулей, предполагаемых к использованию при реализации проектируемой системы.

Объектно-ориентированное описание ИГИС разрабатывается совместно экспертами предметных областей и специалистами сферы ИТ. В связи с отсутствием формализованных процессов формирования объектно-ориентированных описаний их качество полностью определяется квалификацией привлекаемых специалистов. Для формирования стека архитектурных моделей систем на основе их объектного описания применяется фреймворк [9]. Фреймворк содержит набор частных фреймворков, обеспечивающих построение систем с объектной, сервисно-ориентированной, много-агентной, комбинированной (смешанной), сервисно-агентно-сервисной архитектурами. Средствами фреймворка также обеспечивается формирование системы онтологий для конечных систем за счет детализации онтологий верхнего уровня, входящих в состав фреймворка. Для реализации архитектурных описаний применяется разработанная базовая платформа, которая предоставляет программные компоненты и модули. Интеграция компонентов осуществляется за счет использования управляющих контейнеров и применения гибкой архитектуры при построении модулей [9].

Наиболее сложным и дорогостоящим этапом с точки зрения стоимости исправления допущенных ошибок является этап формирования объектно-ориентированного описания ИГИС. Формализация этапа позволит снизить сложность проектирования ИГИС, повысить надежность формируемых решений и, как следствие, снизить риски выполнения проектов по разработке ИГИС в целом.

Общая концепция построения объектно-ориентированных интеллектуальных геоинформационных систем. Общая концепция построения объектно-ориентированных ИГИС включает в себя следующие основные положения:

1. Описание ИГИС разрабатывается в рамках объектно-ориентированной парадигмы в виде совокупности взаимосвязанных информационных моделей и формализованных описаний объектов, определенных на различных уровнях абстракции.
2. Решение задач в ИГИС обеспечивается за счет использования мультиразрешающих средств трансформации объектных описаний на основе правил переходов между уровнями абстракций.
3. Поведение ИГИС и ее жизненный цикл определяются поведением и жизненными циклами входящих в ее состав объектов. Объекты являются условно управляемыми, т. е. самостоятельно определяют свое поведение, при этом система может оказывать управляющие воздействия.

4. Организация систем определяется унифицированной динамической объектно-ориентированной моделью представления данных, информации и знаний, содержащей актуальную информацию о ресурсах, целях и средствах их достижения.

На рис. 1 показана взаимосвязь основных элементов, обеспечивающих реализацию общей концепции построения ИГИС. В состав объектов ИГИС входят все объекты, которые соответствуют объектам реального мира, а также специально разработанные для системы объекты, необходимые при решении целевых задач. К первой группе относятся, например, объекты прикладных предметных областей, объекты внешней среды и т. д., ко второй – описания способов и средств решения задач, организации логики работы, внутренней структуры ИГИС.



Рис. 1

В процессе существования и развития системы совершенствование (повышение уровня информативности, расширение, дополнение) ее объектного описания осуществляется за счет реализации жизненных циклов объектов. В ходе реализации жизненных циклов обеспечивается решение задач, получение новых данных, информации и знаний. При выполнении системы на основе ее объектного описания формируется динамическая информационная модель (ДИМ), предназначенная для получения, хранения и предоставления актуальных данных об объектах предметных областей и системы.

Состав шаблонов для построения объектного описания интеллектуальных геоинформационных систем. Для построения объектно-ориентированного описания ИГИС в соответствии с общей концепцией предлагается использовать шаблоны для решения задач описания объектов и их жизненных циклов, переходов между уровнями информационных описаний объектов, а также описания динамической информационной модели системы.

Состав шаблонов, предназначенных для описания объектов, определяется перечнем применяемых в системе типов объектов. В системе число базовых типов объектов ограничено тремя для простоты ее организации. Выделяются следующие типы объектов:

- а) ресурсы, которые могут использоваться системой для решения прикладных задач (объекты-ресурсы);
- б) цели, достигаемые системой (объекты-цели);
- в) средства оценки, контроля и ситуационного управления ресурсами (объекты-средства).

Объекты-ресурсы содержат данные, информацию и знания о предметных областях, данные и знания о подходах к решению прикладных задач, о процессах, методах, средствах и инструментах обработки и анализа данных. Основная слож-

ность работы с объектами-ресурсами заключается в их многообразии и сложности построения формализованных описаний. Предлагаемые шаблоны описания объектов-ресурсов позволяют описывать объекты различных типов. *Объекты-цели* представляют собой сложные иерархические объекты, содержащие данные, информацию и знания, соответствующие решению одной из прикладных задач или подзадач. Для работы с объектами-целями разработаны шаблоны описания их жизненных циклов и отдельных этапов жизненных циклов, обеспечивающие информационное наполнение объектов. *Объекты-средства* напрямую не зависят от решаемых задач, что позволяет определить типовой набор объектов, который применяется при построении различных систем.

Шаблоны описания переходов между различными уровнями информационных моделей объектов, включая способы выполнения переходов и средства, необходимые для их выполнения, детально описаны в [1]. Правила перехода с одного

уровня на другой описываются с использованием логики первого порядка и позволяют учитывать состав доступных в системе ресурсов.

Шаблон построения динамической информационной модели определяет состав основных ее компонентов, а также связи между ними. Для построения динамической модели прикладной системы достаточно разработать информационные модели и осуществить наполнение предложенного шаблона.

Шаблоны описания объектов-ресурсов в ИГИС. Для описания объектов-ресурсов разработана система информационных моделей (ИМ), которые могут быть представлены в виде системы онтологий верхнего уровня. Описание системы онтологий приведено в [7], [10]. В состав информационных моделей входят: модель предметной области, модель внешней среды, формализованное описание логики работы системы, формализованное описание внутренней структуры системы.

ИГИС обеспечивает возможность одновременной работы с моделями нескольких предметных областей: моделью геоинформационной среды, одной или несколькими моделями прикладных предметных областей, для которых решаются задачи, а также специализированными моделями, например моделью предметной области обработки и анализа измерений.

В состав модели внешней среды входят 3 составляющие: модели внешних влияющих факторов, пользователей и источников данных, информации и знаний. Описание внешних факторов включает в себя условия их возникновения, области влияния, степень влияния на формируемые решения, механизмы учета и компенсации. При описании пользователей рассматриваются типовые пользователи, фактические пользователи, определяется перечень ожидаемых запросов, оцениваются ресурсы, необходимые для выполнения запросов, определяются критерии оценки результатов для различных групп пользователей.

Для реализации логики работы системы применяется 4 типа процессов, напрямую или косвенно участвующих в преобразовании моделей объектов: основные, вспомогательные, обеспечивающие и объектные. Под основными понимаются процессы, ориентированные на изменение объектов предметных областей. К вспомогательным относятся процессы, которые применяются для формирования основных процессов, а также обеспечивают и контролируют их выполнение.

Обеспечивающими являются процессы, ориентированные на выполнение задач, связанных с изменением структуры системы, организации взаимодействия системы с другими системами. Процессы, соответствующие процессам жизнедеятельности объектов системы, относятся к объектным.

Для описания внутренней структуры системы применяются 3 типа объектов – базовые, адаптируемые и объекты, соответствующие различным контекстам применения системы. Базовые объекты входят в состав всех систем и обеспечивают поддержку геоинформационной среды, интеллектуальность и адаптивность систем, определяют и описывают общую организацию систем. К адаптивным объектам относятся модели объектов предметных областей, внешней среды, а также объекты, обеспечивающие бизнес-логику работы систем. В качестве основных контекстов, влияющих на состояние систем, рассматриваются 3 контекста – контекст, определяемый историческими данными, контекст, определяемый состоянием геоинформационной среды, и контекст, определяемый предметной областью, для которой разработаны системы. Дополнительно могут учитываться контекст доступных средств обработки и специализированные контексты, которые соответствуют различным аспектам решаемых задач и/или условиям формирования решений.

Шаблоны описания жизненных циклов объектов-целей. Жизненные циклы объектов-целей определяются на основе состава решаемых задач и соответствующих им процессов обработки (таблица). Задачи рассматриваются на различных информационных уровнях – на уровне исходных данных, уровне объектов, уровне ситуаций и уровне моделей предметных областей.

Процесс *информационного обеспечения* предусматривает сбор данных, их формализованное описание в соответствии с принятыми стандартами, предоставление данных внешним потребителям, к которым относятся конечные пользователи и сторонние системы, т. е. обеспечивает гармонизацию [1] данных.

Процесс *формирования оценок* включает в себя интеграцию данных [1] от различных источников и расчет совокупности статистических оценок и интегральных характеристик, отражающих свойства интегрируемых данных. Описание данных в компактном формализованном виде может интерпретироваться как машиной, так и конечными пользователями. При этом предполагается,

| Уровни информации | Процесс обработки | | | | | |
|-------------------------------------|---|---|---------------------------------|--|---|---|
| | Информационное обеспечение (Information formalization) | Формирование оценок (Information assessment) | Прогнозирование (Prediction) | Понимание (интерпретация) (Information awareness) | Поддержка принятия решений (Decision making support) | Исследование (Information retrieval) |
| Исходные данные | + | + | - | - | - | + |
| Объекты и отдельные параметры среды | + | + | + | - | + | + |
| Отдельные ситуации | + | + | + | + | + | + |
| Взаимосвязанные ситуации | + | + | + | + | + | + |
| Предметная область | + | + | + | + | + | + |

что переход в признаковое пространство, обеспечивающее компактное описание, выполняется без потери информации.

Процесс *прогнозирования* представляет собой процесс формирования краткосрочного прогноза состояния объектов и ситуаций, основанного на построении гипотез и их проверке средствами математического и имитационного моделирования и / или на применении правил, описывающих поведение объектов в заданных условиях.

Процесс *интерпретации данных* предполагает выполнение процедуры слияния данных [1] и представление данных и знаний об объектах и ситуациях, обеспечивающее их восприятие конечными пользователями. В результате интерпретации данных и знаний у пользователей должно сформироваться понимание ситуаций и состояния задействованных в ситуациях объектов на уровне, достаточном для принятия решений по управле-

нию объектами / ситуациями. В процессе интерпретации данных требуется учитывать наблюдаемые условия геоинформационной среды и совокупность внешних факторов, влияющих на объекты и ситуации к моменту получения данных, а также в предшествующие и последующие временные периоды.

Процесс *поддержки принятия решений* обеспечивает предоставление всей информации, имеющей отношение к объектам и ситуациям, по которым принимается решение, в виде, удобном для конечного пользователя, а также формирование обоснованных вариантов решений и предоставление инструментов оценки и проверки сформированных вариантов.

Процесс *исследования данных* ориентирован на выявление и поиск всех видов данных, информации и знаний, которые могут использоваться для всесто-

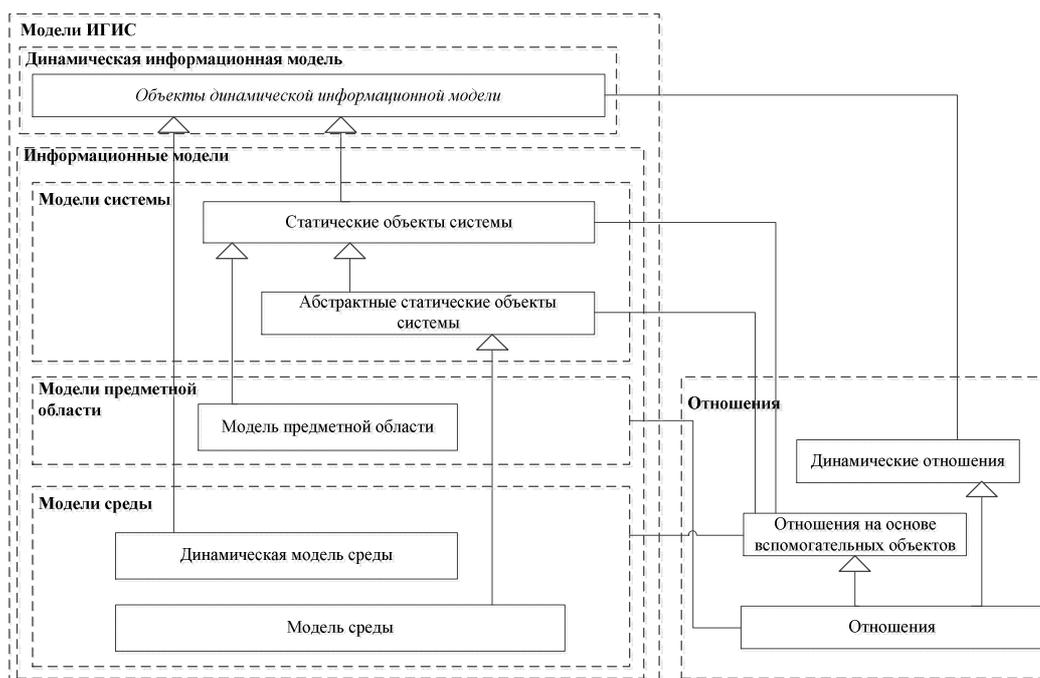


Рис. 2

ронного детального интерпретируемого описания объектов, ситуаций и предметных областей в целом.

Шаблон описания динамической информационной модели системы. На рис. 2 показан состав и взаимосвязи, устанавливаемые между информационными моделями системы, необходимыми для построения динамической информационной модели и поддержания ее в актуальном состоянии. Структура динамической модели определяется структурами информационных моделей, с которыми она связана отношением типа «Наследование».

Взаимосвязи между объектами, входящими в состав моделей, могут описываться с использованием как однонаправленных, так и двунаправленных отношений. Состав отношений между объектами предметных областей определяется особенностями каждой отдельной предметной области. Для описания сложных связей между объектами среды и влияния, оказываемого объектами среды на исследуемые объекты, предусматривается использование специализированных отношений. Специализированные отношения реализуются за счет использования вспомогательных объектов, которые позволяют устанавливать отношения, требующие выполнения дополнительных преобразований для их реализации, например отношения связывания, трансформации. Состав отношений между объектами, применяемыми для описа-

ния системы, является типовым для всех систем. Для определения взаимосвязей между объектами динамической информационной модели применяются динамические отношения, формируемые в соответствии с составом решаемых задач.

Таким образом, применение предложенных шаблонов проектирования ИГИС, ориентированных на обработку и анализ данных, при создании прикладных систем позволяет:

- обеспечить разработку систем в соответствии с общей концепцией построения объектно-ориентированных геоинформационных систем;
- обеспечить поддержку методологии проектирования ИГИС на основе гибкого подхода в части создания объектно-ориентированных описаний систем;
- сократить затраты ресурсов на проектирование ИГИС для прикладных предметных областей за счет использования типовых решений, представленных в виде шаблонов.

Дальнейшее направление работ связано с расширением состава используемых шаблонов, а также детализации рассмотренных шаблонов и их программной реализации. Расширение состава шаблонов, в первую очередь, предполагает разработку специализированных шаблонов, ориентированных на применение при построении ИГИС для групп связанных предметных областей.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Интеллектуальные географические информационные системы для мониторинга морской обстановки / под общ. ред. Р. М. Юсупова, В. В. Поповича. СПб.: Наука, 2013.
2. Intelligent GIS Conceptualization / V. Popovich, C. Claramunt, M. Schrenk, K. Korolenko (Eds.) Information Fusion and Geographic Information Systems. Environmental and Urban Challenges. Ser.: Lecture Notes in Geoinformation and Cartography. Springer, Berlin Heidelberg, 2013. P. 17–44.
3. Fowler M. Patterns of Enterprise Application Architecture. Addison-Wesley Professional, 2003.
4. Design patterns: elements of reusable object-oriented software / E. Gamma, R. Helm, R. Johnson, J. Vlissides. Addison Wesley, 1994.
5. Information Fusion and Geographic Information Systems. Environmental and Urban Challenges. Ser.: Lecture Notes in Geoinformation and Cartography / V. Popovich, C. Claramunt, M. Schrenk, K. Korolenko (Eds.). Springer, Berlin Heidelberg, 2013.
6. Information Fusion and Geographic Information Systems. Towards the Digital Ocean. Ser.: Lecture Notes in Geoinformation and Cartography / V. Popovich, C. Claramunt, M. Schrenk, K. Korolenko (Eds.). Springer, Berlin Heidelberg, 2011.
7. Proc. of the Fourth Intern. Workshop, 17–20 May 2009. Ser.: Lecture Notes in Geoinformation and Cartography / V. V. Popovich, M. Schrenk, C. Claramunt, K. V. Korolenko (Eds.). Springer, Berlin Heidelberg, 2009.
8. Shore J. The Art of Agile Development. Pragmatic guide to agile software development. O'Reilly Media, 2007.
9. Архитектурный фреймворк, ориентированный на поддержку процесса разработки систем обработки многомерных измерений параметров пространственно распределенных объектов / А. И. Водяхо, С. С. Голяк, С. А. Гордеев, Н. А. Жукова // Изв. СПбГЭТУ «ЛЭТИ». 2013. № 4. С. 24–29.
10. Онтологический подход к проектированию проблемно-ориентированных информационных систем / А. И. Водяхо, Н. А. Жукова, М. Г. Пантелеев, Д. В. Пузанков // Изв. СПбГЭТУ «ЛЭТИ». 2010. № 5. С. 61–67.

N. A. Zhukova

Saint-Petersburg electro technical university «LETI»

PATTERNS FOR DESIGN OBJECT-ORIENTED INTELLIGENT GEOGRAPHIC INFORMATION SYSTEMS

In the article patterns for building object-oriented descriptions of the intelligent geographic information systems focused on solving problems of data processing and analysis in applied subject domains are offered. Patterns are developed within the general concept of development of object-oriented intellectual systems according to the agile methodology of the systems design. Patterns for describing both separate objects and information models of the systems are presented.

Intelligent GIS, object-oriented approach, software design patterns

УДК 050.043.19

А. К. Большев, А. А. Лавров

Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В. И. Ульянова (Ленина)

Программные средства мониторинга обработки данных гидроакустической станции на основе системы мониторинга Nagios

Рассмотрены особенности задач мониторинга состояния бортовых вычислительных комплексов обработки данных, роль и место программных средств мониторинга системы обработки, отображения данных и управления (СООДУ) в составе автоматизированной системы технического диагностирования (АСТД) гидроакустической станции. Предложена архитектура подсистемы мониторинга СООДУ, предназначенной для работы в режиме реального времени в составе АСТД гидроакустических станций подвижных автономных объектов.

Бортовые комплексы обработки гидроакустических данных, мониторинг вычислительных сетей, Nagios

СООДУ представляет собой комплекс программно-аппаратных средств, объединенных высокоскоростной сетью Ethernet. Поскольку СООДУ является ядром бортовой информационной системы, непосредственно влияющим на функционирование базовых систем подвижного объекта (в данной статье – гидроакустической станции (ГАС)), необходимо наличие средств обеспечения контроля, диагностики и мониторинга программно-аппаратного комплекса СООДУ.

Задачи диагностики СООДУ сводятся к мониторингу состояния сетевой телекоммуникационной инфраструктуры цифрового вычислительного комплекса (ЦВК), работоспособности всех входящих в СООДУ узлов и выполнения ими требуемой функциональности, целостности аппаратной конфигурации СООДУ и к уведомлению опе-

раторов комплекса в режиме реального времени об обнаруженных проблемах и неисправностях.

Специфические требования к системе мониторинга определяются спецификой ее применения и требованиями к ГАС. Отличием систем сетевого мониторинга СООДУ подвижных объектов промышленного или военного назначения от систем мониторинга стационарных корпоративных сетей и иных сетей связи являются повышенные требования по надежности, отказоустойчивости, а также требования к аппаратным ресурсам [1].

Основные функциональные требования к системам мониторинга СООДУ подвижных объектов:

- повышенная отказоустойчивость, наличие функций защиты от сбоев;
- функционирование в режиме реального времени, минимизация времени реакции на про-