

УДК 528.9:004.452.2

Объектно-ориентированный подход к категоризации географических объектов в ГИС**An object-oriented approach for categorizing spatial objects in GIS****Миляков / Milyakov D.**

Денис Федорович

(denism@navis.spb.su)

кандидат технических наук.

ФГБОУ ВО «Российский государственный

гидрометеорологический университет»,

доцент кафедры информационных технологий
и систем безопасности.

г. Москва

Ключевые слова: геообъект – geoobject; геоинформатика – geoinformatics; ГИС – GIS; моделирование ситуации – situation modeling; объектно-ориентированный подход – object-oriented approach; категоризация – categorization; геоинформационное моделирование – geoinformation modeling; пространственный анализ – spatial analysis.

В статье представлен оригинальный объектно-ориентированный подход к категоризации географических объектов (ГО), преодолевающий ограничения традиционных методов классификации и представления ГО в ГИС. Разработанная методика позволяет эффективно структурировать разнородные пространственные данные за счет многоуровневой системы категоризации, учитывающей природные, социально-экономические и функциональные характеристики объектов. Ключевой особенностью предложенного подхода является гибкий механизм типизации, адаптирующийся к конкретным исследовательским задачам и учитывающий пространственно-временную динамику ГО. Формализованы правила категоризации на основе атрибутивных показателей и топологических отношений. Интеграция методов ГИС, теории категорий и семантического анализа создает основу для разработки перспективных интеллектуальных систем поддержки принятия решений.

The article presents an original object-oriented approach to the categorization of geographical objects (GO), overcoming the limitations of traditional methods of classification and representation of GO in GIS. The developed methodology enables efficient structuring of heterogeneous spatial data through a multi-level categorization system that considers natural, socio-economic, and functional characteristics of objects. A key feature of the proposed approach is a flexible typing mechanism that adapts to specific research tasks and accounts for the spatiotemporal dynamics of GO. Rules for categorization have been formalized based on attribute indicators and topological relationships. The integration of GIS methods, category theory, and semantic analysis provides a foundation for developing advanced intelligent decision support systems.

В современном мире географические информационные системы (ГИС) играют значительную роль в управлении, анализе и визуализации пространственных данных [1]. С ростом объема и сложности географической информации возрастает необходимость в эффективных методах ее организации, несмотря на все возрастающие вычислительные возможности. Одним из перспективных подходов к решению этой задачи является объектно-ориентированная парадигма, которая позволяет рассматривать географические объекты не только как самостоятельные сущности с уникальными свойствами, поведением и взаимосвязями, но и как экземпляры определенных классов, объединяющих подобные или родственные по иерархии объекты.

Например, автомобиль, судно или такие природные явления, как ледовые образования или представители фауны, могут быть представлены как отдельные объекты, обладающие общими характеристиками внутри своего класса, но также сохраняющие уникальность на уровне индивидуальных экземпляров. Такой подход позволяет выстраивать четкую иерархию: автомобиль может быть частью более широкого класса транспортных средств, а ледяной торос – элементом системы природных образований, связанных с ледниковыми процессами.

Объектно-ориентированный подход предлагает интуитивно понятную модель представления данных, где каждый объект описывается через набор атрибутов и методов, отражающих его природу, функциональность и место в общей системе. Методология категоризации призвана упростить работу со все возрастающим числом оперируемых факторов и открывает новые возможности для анализа, моделирования и прогнозирования пространственных явлений [2].

В данной статье мы рассмотрим основные принципы объектно-ориентированного подхода, его применение в контексте ГИС, а также преимущества и вызовы, связанные с внедрением этой методологии. Особое

внимание будет уделено тому, как данный подход способствует созданию более гибких, масштабируемых и семантически насыщенных моделей данных, что особенно важно в условиях постоянного развития технологий сбора и обработки геопространственной информации.

Основная идея объектно-ориентированного подхода в геоинформационном управлении заключается в том, что системы ГИС оперируют огромным количеством данных, которые описывают как пространственные, так и не пространственные [3] характеристики объектов реального мира – геообъектов (ГО). Каждый ГО, будь то судно, ледовое образование или представитель фауны, например белый медведь – проходит определенный жизненный цикл в информационной системе: от момента инициализации его цифровой модели – «цифрового двойника» до демонтажа этой модели. Этот процесс может быть эффективно организован на основе объектно-ориентированного подхода (ООП), который позволяет рассматривать каждый объект как экземпляр класса, относящийся к определенному типу, категории и расширяемой иерархии.

Инициализация нового ГО в ГИС может быть выполнена на основе мониторинга окружающей ситуации автоматизированными системами, данных внешних источников, синтезирована исходя из задач моделирования и т. п. Важным аспектом на данном этапе

является качественная классификация нового ГО в соответствии с выявленными у него признаками, но это тема отдельного исследования.

Когда новый ГО появляется в поле зрения ГИС, он регистрируется в базе знаний как экземпляр определенного класса, получая в качестве базовых формуляров, параметров и свойств те шаблоны, которые соответствуют выбранному классу [4]. Классы в ООП определяют общие свойства и поведение для всех объектов, принадлежащих к этому классу.

Например, ледокол может быть классифицирован как экземпляр класса «Судно», который, в свою очередь, является подклассом более широкой категории «Транспортное средство». Свойства судна могут включать тип (грузовое, пассажирское, исследовательское), размеры, координаты местоположения, параметры движения, атрибуты взаимосвязей и другие. Дрейфующие льды относятся к классу «Ледовые образования». Их свойства могут включать размер, плотность, скорость дрейфа, температуру и связь с окружающей средой.

Структура экземпляра (рис. 1) ГО характеризуется собственным пространством и атрибутами (содержательными характеристиками), которые сложно формализовать в виде предустановленных шаблонов:

$$GOB = (SpGO, Atrib),$$

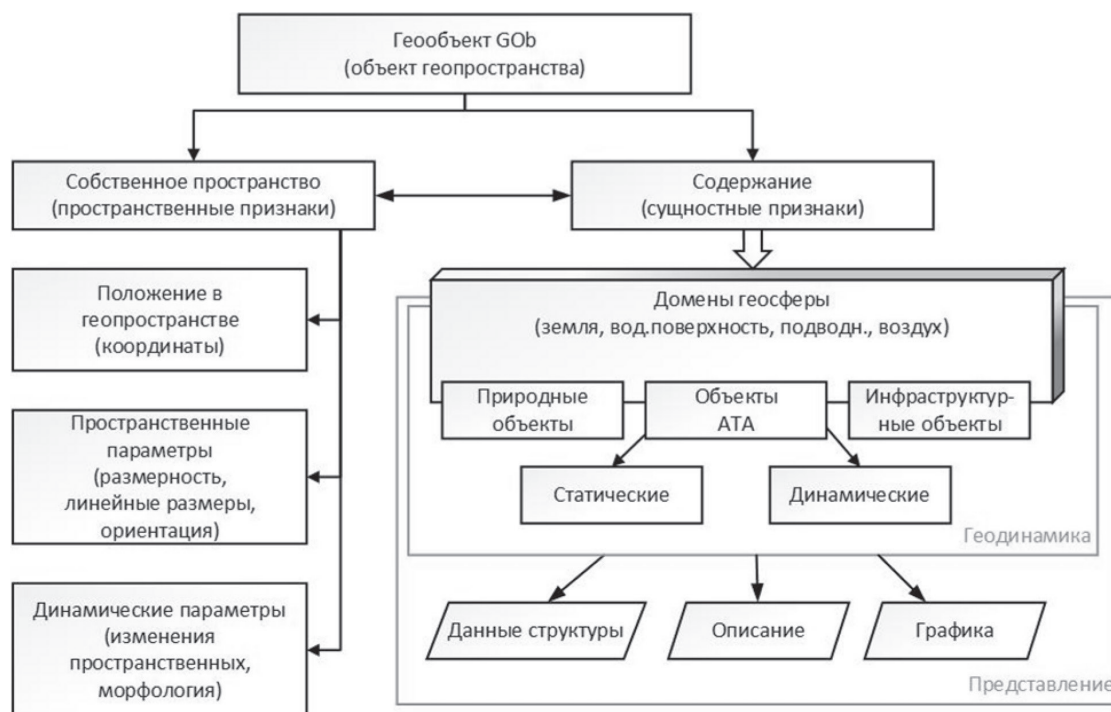


Рис. 1. Структура геообъекта

где: $SpGO$ – собственное пространство ГО; $Atrib$ – содержательные характеристики ГО.

Координаты ГО определяются как геометрический центр фигуры в n -мерном евклидовом пространстве, что представляет собой среднее арифметическое координат положения всех точек фигуры. Для 2-мерного пространства это:

$$GO_i(x, y) = \begin{cases} x_c = \frac{\sum_{i=1}^n x_n \cdot \overline{e_x}}{n} \\ y_c = \frac{\sum_{i=1}^n y_n \cdot \overline{e_y}}{n} \end{cases},$$

где n – число вершин или пределов параметрической модели ГО; x, y – координаты вершин; $\overline{e_x}, \overline{e_y}$ – попарно ортогональные вектора единичных векторов системы координат.

Форма ГО задается географическими границами (контуром), а также количественными характеристиками этого пространства – ориентация, длина, ширина, характер границы и т. д.:

$$GO_{form} = \{ HB, Or, Cl \},$$

где: HB – вектора пространственных измерений объекта в пространстве; Or – ориентация или оператор перехода; Cl – целостность объекта.

Основная проблема модели любого ГО заключается в многообразии зависимостей, определяющих его влияние на исследуемый процесс в совокупности с существующим окружением. Линейное перечис-

ление параметров и аспектов в структурах типа база данных конкретного ГО не эффективно и будет стремиться к бесконечности, что неприемлемо.

Другими ключевыми проблемами формализации являются: нелинейность атрибутивных связей, контекстная зависимость характеристик, эволюционный характер параметров.

Предлагаемый подход заключается в использовании гибких онтологий, динамических классификаторов или идентификаторов на формализованные контекстно-ориентированные шаблоны (рис. 2).

Совокупный формуляр ГО в парадигме объектно-ориентированного подхода будет представлять собой совокупность формуляров из базы данных (БД) типовых ГО, формуляров предустановленных зависимостей из базы знаний (БЗ) в различных сферах пространственных и непространственных отношений с возможностью их индивидуального наполнения, изменения и дополнения контекстными атрибутивными связями для конкретного экземпляра.

Объектно-ориентированный подход позволяет выстраивать четкую иерархию классов, где каждый объект наследует свойства и методы своего родительского класса. Это значительно упрощает процесс категоризации и управления данными. Так, конкретный буксир наследует общие свойства из класса «Судно», например возможность перемещаться, наличие двигателя, паспортные характеристики судна и т. п., но добавляет специфические атрибуты, такие как водоизмещение, число членов экипажа, проект и т. п. Ледовые образования наследуют свойства природных объектов (например, взаимодействие с окружающей

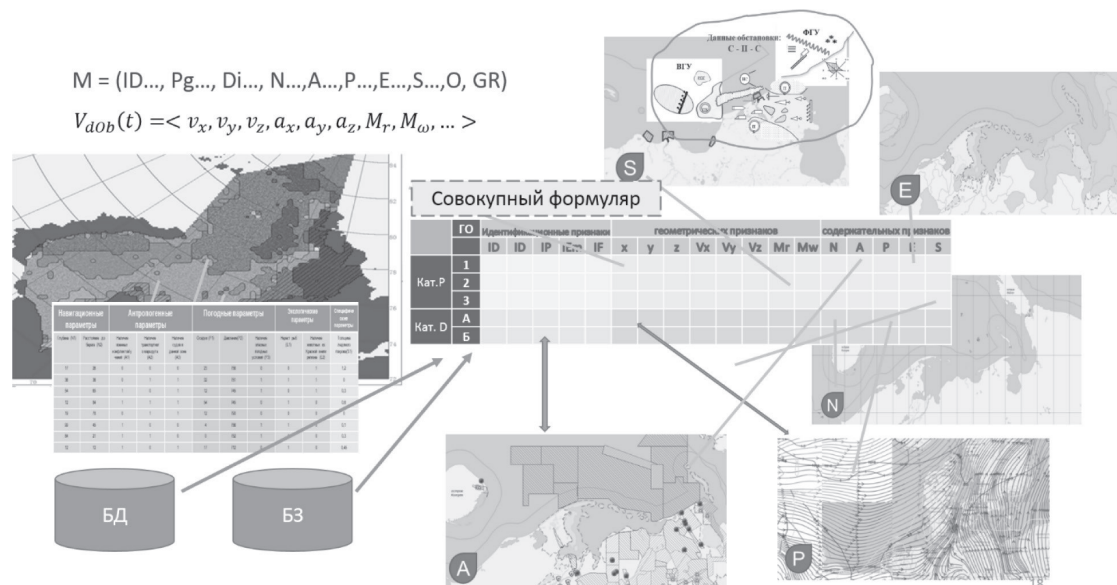


Рис. 2. Формализация структур геообъекта в категориях

средой), но также включают уникальные характеристики, такие как форма или скорость таяния.

Такая иерархия обеспечивает гибкость и масштабируемость системы, позволяя легко добавлять новые классы или подклассы без необходимости перестраивать всю модель данных.

На протяжении всего времени существования объекта в ГИС его формуляр (описание в базе знаний) обновляется и дополняется на основе текущих данных. Этот процесс также следует принципам ООП [7].

Ледокол или буксир в момент его классификации, последующей регистрации в ГИС получает начальный формуляр, где указываются начальные координаты и параметры. По мере движения судна его местоположение, курс и другие атрибуты обновляются. Если судно покидает зону наблюдения или выводится из эксплуатации, его запись может быть помечена как «деактивирована» или «удалена из активной БД».

Ледовые образования изменяют свои размеры, форму и местоположение под воздействием внешних факторов (ветер, течения, температура). Эти изменения фиксируются в формуляре объекта, что позволяет отслеживать его эволюцию. Когда айсберг полностью растает или разрушится, его запись может быть переквалифицирована в другие типы класса ледовых образований или исключена.

Использование ООП для управления жизненным циклом ГО предоставляет ряд преимуществ:

- новый класс или подкласс можно легко добавить в существующую иерархию без необходимости переписывать всю систему;
- общие свойства и методы используются типовым образом для большинства ГО одного класса, что уменьшает избыточность данных и снижает нагрузку на вычислительную систему;
- каждый ГО четко классифицируется и описывается, что упрощает понимание и анализ данных в интерфейсе «человек-машина»;
- ГИС легко адаптируется к увеличению объема данных и сложности объектов.

Применение объектно-ориентированного подхода к управлению жизненным циклом географических объектов в ГИС позволяет эффективно организовывать данные, обеспечивает целостность, гибкость и масштабируемость системы. Каждый объект рассматривается как часть иерархической структуры, что позволяет эффективно организовывать, анализировать и использовать пространственные данные. Этот подход особенно важен в условиях растущего объема информации и усложнения задач, решаемых с помощью ГИС.

Литература

1. Представление знаний в экспертных системах: учебное пособие / сост. В.А. Морозова, В.И. Паутов ; научный

редактор В.А. Матвиенко // Екатеринбург : Уральский федеральный университет, 2017. – 120 с.

2. Голдблатт, Р. Топосы – категорный анализ логики / Р. Голдблатт. – Москва : Мир, 1983. – 488 с.

3. Бурлов, В. Г. Основы моделирования социально-экономических и политических процессов / В.Г. Бурлов. – Санкт-Петербург : Факультет Комплексной безопасности, СПбГПУ, 2007. – 265 с.

4. Маклейн, С. Категории для работающего математика / С. Маклейн ; пер. с англ. под ред. В.А. Артамонова. – Москва : Физматлит, 2004. – 352 с.

5. Миляков, Д. Ф. Метод учета имплицитного окружения при проведении ситуационного анализа в ГИС / Д.Ф. Миляков // Гидрометеорология и экология. – 2025 – № 78. – С. 128–139.

6. Биденко, С. И. Оценка территориальной ситуации с использованием искусственных нейронных сетей / С.И. Биденко, И.С. Храмов, М.Б. Шилин // Ученые записки Российского государственного гидрометеорологического университета. – 2019. – № 54. – С. 109–123.

7. Разработка и анализ моделей компонентов программного и информационного обеспечения для реализации универсального формата передачи данных для внутрирегионального обмена / В.В. Коновалов, Е.А. Колобова, И.В. Чигирева, М.В. Фомина // XXI век: итоги прошлого и проблемы настоящего плюс. – 2022. – Т. 11, № 4 (60). – С. 17–25.

8. Васюков, В. Л. Категорная логика : учебное пособие / В.Л. Васюков ; 2-е изд., перераб. и доп. – Москва : Юрайт, 2020. – 178 с.