

Интернет-журнал «Отходы и ресурсы» <https://resources.today>
Russian Journal of Resources, Conservation and Recycling

2025, Том 12, № 4 / 2025, Vol. 12, Iss. 4 <https://resources.today/issue-4-2025.html>

URL статьи: <https://resources.today/PDF/07NZOR425.pdf>

DOI: 10.15862/07NZOR425 (<https://doi.org/10.15862/07NZOR425>)

1.6.20. Геоинформатика, картография (технические науки)

Ссылка для цитирования этой статьи:

Флеенко, А. С. Идентификация объектов с неявной пространственной локализацией при пространственном моделировании и визуализации с применением геоинформационных систем / А. С. Флеенко // Отходы и ресурсы. — 2025. — Т. 12. — № 4. — URL: <https://resources.today/PDF/07NZOR425.pdf>.
DOI: 10.15862/07NZOR425.

For citation:

Fleenko A.S. Identification of objects with implicit spatial localization in spatial modelling and visualization using geographic information systems (GIS). *Russian Journal of Resources, Conservation and Recycling*. 2025;12(4): 07NZOR425. Available at: <https://resources.today/PDF/07NZOR425.pdf>. DOI: 10.15862/07NZOR425. (In Russ., abstract in Eng.).

УДК 528.9:004.9

Флеенко Антон Сергеевич

АО «Росжелдорпроект», Москва, Россия
Проектно-изыскательский институт электрификации железных
дорог и энергетических установок «Трансэлектропроект»
Ведущий инженер
E-mail: fleenkospb@mail.ru
ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2829-9361>

Идентификация объектов с неявной пространственной локализацией при пространственном моделировании и визуализации с применением геоинформационных систем

Аннотация. В статье в рамках подготовки диссертационного исследования по разработке методики трехмерного пространственного моделирования и визуализации особого типа объектов окружающей природной и природно-антропогенной среды с применением геоинформационных систем рассмотрены и охарактеризованы особенности идентификации указанных объектов моделирования. Закономерным следствием развития компьютерных технологий является совершенствование инструментов и методов моделирования. Особое место занимает подготовка картографических моделей с помощью геоинформационных систем. Установлено, что некоторые природные и природно-антропогенные объекты невозможно адекватно смоделировать и визуализировать стандартными методами из-за недоступности их формы и размеров для прямого измерения. Их предварительная идентификация и выделение из окружающей среды — актуальная задача в рамках совершенствования технологий пространственного моделирования и картографирования с использованием геоинформационных систем. Для идентификации указанных объектов автором предложена система из трех критериев, среди которых критерий пространственной локализации, критерий неявной локализации и критерий пространственной конфигурации. Важным свойством выступает параметрическая (сущностная) демаркация в качестве метода определения границ объектов на основе измерений ключевых параметров в соответствии с исследовательскими классификациями. В качестве примеров объектов, отнесенных к выделенному

специфическому типу, стоит отметить облака примесей в атмосферном воздухе, россыпи ценных минералов (или полезных компонентов), тела загрязнения почв и грунтов. Проведенное исследование направлено на развитие инструментов геоинформационных систем и повышение точности моделирования сложноидентифицируемых пространственно распределенных объектов.

Ключевые слова: системный анализ; метод моделирования; геоинформационные системы; пространственное моделирование; критериальный отбор; картографические модели, геоданные

Введение

В современных исследованиях одним из важнейших инструментов познания является метод моделирования, относящийся к категории общенаучных. Данный метод предоставляет возможность проводить изучение сложных объектов и процессов за счет сохранения в замещающих их моделях ключевых свойств и связей [1], в связи с чем тесно связан с системным анализом, методами абстрагирования и идеализации. Применение комплексного подхода направлено в первую очередь на преодоление ряда существенных проблем, включая недостаточную структурированность исходных данных, неопределенность информации, ее многоаспектный и комплексный характер. Развитие компьютерных технологий и рост вычислительных мощностей скрывают потенциал для совершенствования процессов создания и анализа моделей, а также расширения области применения метода моделирования.

Особое место занимает процесс моделирования и визуализации в виде картографических изображений, представляющих собой пространственные двумерные модели исследуемой местности со специфическими свойствами и ограничениями [2]. Процедура обработки и анализа геоданных с получением результатов в виде цифровых моделей, цифровых и электронных карт осуществляется с применением геоинформационных технологий [3]. Геоинформационные системы (или ГИС) предоставляют исследователям широкий набор математических, статистических и картографических методов и инструментов работы с данными, имеющими пространственную составляющую. На современном этапе развития ГИС способны решать частично формализуемые и неформализуемые задачи [4], а также могут выступать в качестве средства интеграции и хранения данных в единой программной среде, что существенно расширяет область применения указанной технологии.

Необходимо отметить, что взаимодействие исследователя с программным обеспечением осуществляется на основе передачи (ввода) информации преимущественно в текстовой, числовой и графической формах. Значительный вклад в эволюцию компьютерного моделирования и визуализации внес американский исследователь Айван Сазерленд, рассмотревший возможность использования геометрических примитивов для отображения на экране компьютера моделей различных объектов [5; 6]. Иной подход к компьютерному моделированию заключается в использовании лазерных дальномеров, позволяющих фиксировать геометрические параметры реальных объектов для дальнейшего переноса массива точечных координат, зарегистрированных датчиками, в память компьютера [7].

При этом ряд природных и природно-антропогенных объектов обладает характеристиками, существенно ограничивающими возможность использования приведенных подходов для создания пространственных моделей и их визуализации. Имеется ряд ограничений для объектов, форма и размеры которых недоступны для непосредственного измерения и сканирования, поэтому на первом этапе исследований необходимо выделить такие объекты из окружающей среды для их идентификации и описания. Поставленная в данной работе цель по идентификации подобных объектов и их характеристике представляется актуальной в связи с необходимостью развития и совершенствования технологий пространственного моделирования и

картографирования. Выделение особого типа пространственных объектов позволит оценить возможность адаптации и дополнения существующих инструментов ГИС для преодоления ограничений.

Для достижения поставленной цели сформулирован комплекс задач, направленных на решение научной проблемы: разработка системы формализованных критериев идентификации особого типа объектов, определение и характеристика свойств, а также рассмотрение примеров и особенностей подобных объектов. Проведенная работа является частью диссертационного исследования по разработке методики трехмерного пространственного моделирования особого типа объектов окружающей природной и природно-антропогенной среды с применением геоинформационных систем.

Идентификация особого типа объектов при пространственном моделировании и визуализации с использованием геоинформационных систем

Процесс создания модели связан с необходимостью отделения моделируемого объекта от внешней для него среды [8]. Данный процесс охватывает комплекс задач, включающих проведение сравнительного анализа, выявление типологических особенностей и классификацию исследуемых объектов. Для однозначного отнесения к рассматриваемому в работе типу моделируемых объектов (далее — Объекты) выделен и охарактеризован ряд критериев и свойств, а также разработана схема критериального отбора, представленная на рисунке 1.



Рисунок 1. Схема критериального отбора Объектов (разработано автором)

Критерий пространственной локализации указывает на принципиальную возможность фиксации местоположения Объектов в пространстве и, по своей сути, диктует наличие пространственной составляющей в данных о моделируемых объектах. При этом важным ограничивающим условием выступает локализация Объекта исключительно в рамках определенной геосферы — литосферы, гидросферы, педосферы, приземного слоя атмосферы. Подобное ограничение обусловлено целостностью проводимого анализа и позволяет избежать искажений и некорректной интерпретации результатов анализа, а также повысить точность моделирования, ориентированного на единообразие и согласованность исходных данных.

Следующий этап отбора связан с применением критерия неявной локализации моделируемого Объекта. Указанный критерий направлен на выделение объектов, чье пространственное положение невозможно четко определить по ряду причин, среди которых визуальная неразличимость или размытость границ и технические сложности при их инструментальной фиксации. Перечисленные особенности становятся причиной невозможности прямой идентификации тел таких Объектов, что создает препятствия для их исследования и приводит к затруднениям при подготовке пространственных моделей. В этой связи интерес представляет подход к созданию компьютерных моделей, предложенный Айваном Сазерлендом [6] и заключающийся в отсутствии в виртуальной среде «правил физической действительности». Вместо этого предлагается формировать представление об объектах и явлениях, прямого аналога которому в реальном мире не существует. Подобный способ позволяет преодолеть ограничения, связанные с неявной локализацией, и на основе моделей исследовать свойства Объектов через абстрактные, но функционально значимые представления.

Исследование рассматриваемых Объектов проводится путем измерения или опробования в узлах регулярных и нерегулярных сетей, где фиксируются свойства характеристик, позволяющих отграничить Объекты от окружающей их среды (далее — Определяющие параметры). Таким образом, с помощью пространственного моделирования и последующей визуализации решается задача выделения Объектов из непрерывного пространства в пределах исследуемой геосферы. С ней связано свойство параметрической (сущностной) демаркации, суть которого состоит в определении границ моделируемых тел на основе измеряемых Определяющих параметров. Так, В.С. Михеев [9] указывает на важность выделения сущностных свойств в контексте классификации геосистем. Предложенный им подход сохраняет актуальность и при систематизации отдельных элементов в пределах геосистем — обоснованное разграничение и типологизация осуществляются с использованием Определяющих параметров, которые отражают специфические свойства моделируемого Объекта и обеспечивают возможность количественной или качественной оценки в рамках подготавливаемой модели. В роли отличительных признаков представляется возможным использовать такие характеристики, как содержание примесей в атмосферном воздухе, содержание загрязняющих веществ в почвенном покрове, температура подводных течений.

Критерий пространственной конфигурации подчеркивает принципиальную значимость формы и расположения Объектов при принятии решений на основе данных подготавливаемых моделей. При этом геометрия моделируемых тел может быть произвольной и не сводится к простым геометрическим фигурам. В связи с этим для каждого Объекта требуется разработка индивидуальной математической модели, учитывающей его уникальную конфигурацию, а процесс моделирования усложняется необходимостью воспроизведения форм и пространственных соотношений в рамках Объекта. Условие достоверного отображения моделируемого Объекта порождает ряд проблем, включая высокую ресурсоемкость, трудоемкость, сложность верификации результата, а также повышение требований к исходным данным.

В дополнение к рассмотренной выше системы критериального отбора необходимо отметить, что Объекты могут входить в состав как природных, так и природно-антропогенных систем, характеризующихся сложной структурой, многообразием взаимосвязей между компонентами, неопределенностью параметров и характеристик [10]. В подобных условиях особое значение приобретает свойство вариативности, использование которого позволяет при моделировании Объектов не учитывать его происхождение и динамические изменения, сосредоточившись на актуальных на текущий момент времени пространственно-параметрических характеристиках. Такой подход обеспечивает управляемость процесса моделирования, позволяя работать с упрощенным, но репрезентативным представлением сложных природных и природно-антропогенных объектов.

Следуя приведенному в работе критериальному отбору, подготовлена представленная ниже таблица 1, где систематизированы примеры моделируемых объектов природной и природно-антропогенной среды, которые могут быть отнесены к категории Объектов в рамках проводимого исследования на основании заданных критериев.

Таблица 1

**Объекты природной и природно-антропогенной среды,
отнесенные к особому типу объектов пространственного моделирования**

Объект (геосфера)	Определяющие параметры	Краткая характеристика
Россыпи (литосфера)	Наличие (или концентрация) ценного минерала (или полезного компонента)	Имеет природное происхождение, размеры широко варьируются (в связи с чем отсутствует возможность визуальной фиксации границ), низкая динамика процессов
Облако примеси (атмосфера)	Наличие (или концентрация) примеси, температура	Возможно как природное, так и антропогенное происхождение, размеры широко варьируются, очень высокая динамика процессов (в связи с чем отсутствует возможность однозначной фиксации границ)
Тело загрязнения (педосфера)	Наличие (или концентрация) загрязняющего вещества	Возможно как природное, так и антропогенное происхождение, размеры широко варьируются, средняя динамика процессов
Подводное течение (гидросфера)	Температура, соленость, скорость движения	Имеет природное происхождение, размеры широко варьируются, очень высокая динамика процессов (в связи с чем отсутствует возможность однозначной фиксации границ)

Разработано автором

Заключение

В результате выполнения поставленных задач установлено, что в процессе пространственного моделирования природно-антропогенных систем необходимо выделять специфический тип моделируемых объектов, характеризующийся неявной пространственной локализацией и особыми свойствами. Подобные объекты создают существенные трудности при определении их точного местоположения, что требует разработки новых и адаптации существующих инструментов обработки, анализа и визуализации пространственных данных в рамках геоинформационных систем.

Идентификация специфического типа моделируемых объектов связана с использованием ряда критериев, среди которых: критерий пространственной локализации (наличие геоданных), критерий неявной локализации (учет визуальной неразличимости и сложности инструментальной фиксации) и критерий пространственной конфигурации (ключевое значение формы и местоположения объекта для принятия решений). Условия анализа и визуализации объектов, прошедших критериальный отбор, зависят от свойства параметрической (сущностной) демаркации, связанной с установлением границ моделируемых тел в соответствии с системой классификации Определяющих параметров.

Предложенная система критериев позволяет систематизировать и стандартизировать подход к пространственному моделированию разнородных объектов природной и природно-антропогенной среды, а также сформулировать условия для создания достоверных моделей, учитывающих специфику исследуемых объектов. В дальнейшем необходимы разработка специализированных модулей ГИС для работы с выделенным специфическим типом пространственных объектов, а также тестирование предложенного критериального отбора на разнотипных объектах.

ЛИТЕРАТУРА

1. Штофф, В.А. Моделирование и философия / В.А. Штофф. — Москва-Ленинград: Наука, 1966. — 302 с. — Текст: непосредственный.
2. Лебедев, П.П. Картографический метод исследования в условиях цифровых технологий / П.П. Лебедев // Землеустройство, кадастр и мониторинг земель. — 2018. — № 3. — URL: <https://panor.ru/articles/kartograficheskij-metod-issledovaniya-v-usloviyakh-tsifrovyykh-tekhnologiy/12394.html#>. — Текст: электронный.
3. Дышленко, С.Г. Построение трехмерных карт / С.Г. Дышленко, В.Я. Цветков. — Текст: непосредственный // Образовательные ресурсы и технологии. — 2016. — № 4(16). — С. 130–138.
4. Флеенко, А.С. Периодизация развития геоинформационных технологий как части информационных технологий / А.С. Флеенко. — Текст: непосредственный // Вестник НГУ. Серия: Информационные технологии. — 2023. — № 2(21). — С. 18–28.
5. Sutherland, I.E. Sketchpad: a man-machine graphical communication system / I.E. Sutherland. // AFIPS'63 (Spring): материалы конференции (21–23 мая 1963 года). — 1963. — P. 329–346. — URL: <https://dl.acm.org/doi/10.1145/1461551.1461591>. — Текст: электронный.
6. Sutherland, I.E. The Ultimate Display / I.E. Sutherland // IFIP Congress (Boston). — 1965. — P. 506–508. — URL: <https://www.semanticscholar.org/paper/The-Ultimate-Display-Sutherland/dce55f83dd425c68e5d1c1714dd0c8bbb43e54d9> — Текст: электронный.
7. Сукманюк, А.С. Сканирующие технологии. Трехмерное лазерное сканирование // А.С. Сукманюк, З.А. Малый, Д.А. Дражецкий / Технические науки. — 2021. — № 4. — С. 183–187. — EDN: CIVXCL — Текст:электронный.
8. Цветков, В.Я. Основы геоинформационного моделирования / В.Я. Цветков. — Текст: непосредственный // Известия высших учебных заведений. Геодезия и аэрофотосъемка. — 1999. — № 4. — С. 147–157.
9. Михеев, В.С. Основные направления классификации геосистем / В.С. Михеев — Текст: непосредственный // Классификация геосистем: Материалы к Международной научной конференции. Иркутск: Изд-во Института географии СО РАН, 1997. — 140 с.
10. Звягин, Л.С. Системный анализ в исследовании природных систем / Л.С. Звягин // SCM-2014: материалы Международной конференции по мягким вычислениям и измерениям (21–23 мая 2014 года, Санкт-Петербург). — 2014. — С. 227–233. — URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=24928655> — Текст: электронный.

Fleenko Anton Sergeevich

«Roszheldorproject» JSC, Moscow, Russia

Designing-And-Survey Institute of Railway Electrification and Power Installations «Transelektroproject»

E-mail: fleenskospb@mail.ru

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2829-9361>

Identification of objects with implicit spatial localization in spatial modelling and visualization using geographic information systems (GIS)

Abstract. The article, prepared as part of a dissertation research on developing a methodology for 3D spatial modelling and visualization of a specific type of natural and anthropogenic environmental objects using geographic information systems (GIS), examines and characterizes the identification features of these modelling objects. The advancement of computer technologies naturally leads to the improvement of modelling tools and methods. A special role is played by the creation of cartographic models through GIS. It has been established that certain natural and anthropogenic objects cannot be adequately modelled or visualized using standard methods due to the unavailability of their shape and dimensions for direct measurement. Their preliminary identification and separation from the surrounding environment is a crucial task for enhancing spatial modelling and mapping technologies that utilize GIS. To identify these objects, the author proposes a system of three criteria, including the criterion of spatial localization, the criterion of implicit localization and the criterion of spatial configuration. A key feature is parametric (essential) demarcation — a method for determining object boundaries based on measurements of key parameters in accordance with research classifications. Examples of objects classified as this specific type include: airborne impurity clouds, placer deposits of valuable minerals (or useful components), soil and ground contamination bodies. The conducted research aims to develop GIS tools and improve the accuracy of modelling spatially distributed objects that are difficult to identify.

Keywords: system analysis; modeling method; geoinformation systems; spatial modelling; criteria-based selection; cartographic models; geodata