

УДК: 523.21

## РАЗВИТИЕ ГЕОИНФОРМАТИКИ ТРАНСПОРТА

**Павловский А.А.**

к.т.н., заместитель Генерального директора, АО «НИИАС»,  
E-mail: A.Pavlovskiy@vniias.ru Москва, Россия

**Аннотация**

В статье исследуются особенности развития транспортной геоинформатики, в развитие геоинформатики и информатики. Ее корнями является география транспортных сетей. Дан анализ структуры транспортной геоинформатики. Выполнен лингвистический анализ понятий транспортной геоинформатики. Показано различие между транспортной категорией и дефиницией. Транспортная геоинформатика включает теорию управления и поэтому используется для управления транспортной инфраструктурой. Отмечены особенности транспортной геоинформатики которые отличают ее от обычной геоинформатики. Описаны методы пространственного мониторинга как основного инструмента получения пространственной информации о транспортной инфраструктуре. Показано значение геоинформационного моделирования для решения задач анализа и управления.

**Ключевые слова:**

транспорт, транспортная геоинформатика, пространственное моделирование, геоинформационное моделирование, пространственный мониторинг.

## DEVELOPMENT OF TRANSPORT GEOINFORMATICS

**Pavlovskiy A.A.** PhD., Deputy General Director, JSC "NIIAS", E-mail: A.Pavlovskiy@vniias.ru, Moscow, Russia

**Annotation**

The article examines the development features of transport geoinformatics, in the development of geoinformatics and informatics. Its roots are the geography of transport networks. The analysis of the structure of transport geoinformatics is given. A linguistic analysis of the concepts of transport geoinformatics is performed. The difference between a transport category and a definition is shown. Transport geoinformatics includes management theory and is therefore used to manage transport infrastructure. The features of transport geoinformatics that distinguish it from conventional geoinformatics are noted. The methods of spatial monitoring as the main tool for obtaining spatial information about transport infrastructure are described. The importance of geoinformation modeling for solving analysis and management problems is shown.

**Keywords:**

transport, transport geoinformatics, spatial modeling, geoinformation modeling, spatial monitoring.

**Введение**

Развитие геоинформатики, как многих наук, включает ее интеграцию и ее дифференциацию. Ареал геоинформатики включает общую и прикладную геоинформатику. Общая геоинформатика вышла за рамки земных наук и развивается как наука о пространстве [1]. Отсюда транспортная геоинформатика развивается как наука о транспортном пространстве. Соответственно, это обуславливает применение моделей различных пространств в транспортной геоинформатике. Интеграция общей геоинформатики состоит в использовании методов других наук [2]. Дифференциация геоинформатики состоит в появлении специализированных геоинформатик.

Веткой геоинформатики является экологическая геоинформатика [4]. Экологическая геоинформатика решает задачи экологии и направлена на исследование окружающей среды. Она тесно связана с транспортной геоинформатикой. Применение геоинформатики в космических исследованиях привело к появлению космической геоинформатики. Как транспортное приложение развивается логистическая геоинформатика [5]. Применение геоинформатики в медицине привело к появлению медицинской геоинформатики [6]. Применение геоинформатики в экономике привело к появлению экономической геоинформатики [7]. Исследование динамических процессов привело к появлению динамической геоинформатики [8]. Применение геоинформатики в сфере транспорта приводит к логической целесообразности формирования геоинформатики транспорта [9]. Основой моделирования в транспортной геоинформатике является цифровое моделирование и геоинформационное моделирование [10]. Это особенно важно в условиях цифровой трансформации общества.

**Лингвистические аспекты транспортной геоинформатики**

Формальная определенность любой науки, включая геоинформатику, является одним из признаков ее завершенности. Данное свойство означает, что системное описание осуществляется через информационные единицы [11, 12] которые закладывают основу формальной построения в данной предметной области. Информационные единицы являются одним из имманентных атрибутов геоинформатики. Одним из формальных видов информационных единиц в геоинформатике являются понятия. Понятия есть лингвистические информационные единицы. Большинство понятий в геоинформатике имеют дефиниции. Понятие выступает как результат научного обобщения. Оно не является жестко определенным, эволюционирует с развитием геоинформатики это выражается в коррекции дефиниций. Таку эволюцию понятия можно рассматривать как итеративное моделирование [13, 14].

Категории в геоинформатике можно рассматривать как наиболее общие понятия, которые также рубрицируют предметную область. При этом необходимо учитывать, что границы кате-

горий являются нечеткими и перекрываются. Категории в геоинформатике выступают средством систематизации накопленных знаний на текущем уровне развития геоинформатики. Изучая категории в геоинформатике, мы исследуем состояние и тенденции развития данной науки. Изучая категории в геоинформатике, мы исследуем также систему понятий, отражающих текущее состояние науки и проблемы, которые в ней существуют.

Дефиниция в геоинформатике указывает на границы применения понятия с помощью лингвистической информационной конструкции, связывающей атрибуты и отношения. Научный процесс заимствования лексической единицы из одной области в другую представляет собой придание нового содержания новому термину и адекватное отражение новой подобласти, которая ранее была недоопределенной. Общие категории в геоинформатике указывают на подобласти геоинформатики. Такой общей категорией в геоинформатике является «геоинформатика транспорта». В отличие от работы Бронникова [5], которая в основном выполняет ретроспективный анализ, данная работа направлена на перспективу.

С лингвистической позиций геоинформатика транспорта или транспортная геоинформатика есть синонимы. Геоинформатика транспорта в настоящем есть новое научное направление, которое связано с геоинформатикой и искусственным интеллектом [16, 17]. Современная геоинформатика транспорта широко применяет пространственную логику, в частности для задач цифровой железной дороги, транспортных кибер-физических систем и для беспилотного управления [18].

**Структура транспортной геоинформатики**

В отличие от точки зрения в [15], где геоинформатику транспорта связывают с прикладной геоинформатикой, в данной работе выдвигается другая точка зрения. По мнению автора геоинформатика транспорта включает научную и теоретическую компоненту, а не только прикладную как в [15]. На рис.1 дана структура транспортной геоинформатики

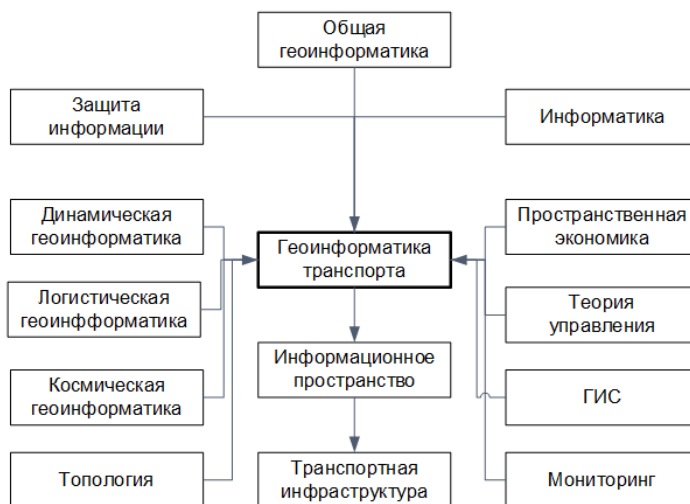


Рисунок 1. Компоненты транспортной геоинформатики

Транспортная геоинформатика развивалась на основе географии транспортных сетей. Поэтому топология является важным компонентом транспортной геоинформатики. Методической основой в обработке информации является информатика. Транспортная геоинформатика широко использует сети и коммуникации, которые являются открытыми системами. В связи с этим информационная безопасность, а также кибербезопасность являются составляющими геоинформатики транспорта.

В современной геоинформатике и транспортной геоинформатике сбор информации осуществляют информационно-измерительные системы [19]. В настоящее время большое количество информации поступает через визуальный канал. Это в основном контроль сбора информации. В современной геоинформатике этот фактор необходимо учитывать за счет технологий рецепции информации [20-22]. Фактор рецепции должен учитываться при управлении транспортным средством при помощи машиниста. Фактор рецепции информации должен приниматься во внимание при построении алгоритмов беспилотных систем.

Транспортная геоинформатика использует пространственную экономику для решения экономических задач. Динамическая геоинформатика в транспортной геоинформатике используется для анализа и управления движением. Основным объектом управления транспортной геоинформатики является транспортная инфраструктура. Космическая геоинформатика в транспортной геоинформатике используется для мониторинга транспорта и для управления. Современная транспортная геоинформатика широко использует методы искусственного интеллекта.

В транспортной геоинформатике большую роль играет управление. Поэтому теория управления входит в транспортную геоинформатику в большем объеме, чем в обычную геоинформатику. Современная транспортная геоинформатика включает методы цифровой трансформации транспорта [23]. В современной геоинформатике большое значение имеет геоинформационное пространство и геоинформационное поле [24]. В транспортной геоинформатике большое значение имеет моделирование. К числу новых видов относят ономазиологическое моделирование и семасиологическое моделирование.

### **Особенности транспортной геоинформатики**

В транспортной геоинформатике большое значение имеет мониторинг подвижных объектов. В этом мониторинге основным объектом наблюдения является пространственный комплекс, включающий объекты, ситуации, процессы, закономерности процессов и модели взаимодействий. Выделяют несколько типов информационных взаимодействий в транспортной геоинформатике. Они делятся на объектные, субъектные и ситуационные. Объектные взаимодействия имеют место между объектами, в основном между подвижными объектами, например, в рамках ЦЖД [25].

Объектные взаимодействия осуществляются при управлении в системе «машинист – транспортный объект», «диспетчер транспортный объект». Ситуационные информационные взаимодействия имеют место при беспилотном управлении транспортном [26]

Главным в мониторинге подвижных объектов для транспортной геоинформатики является выявление состояния подвижного объекта и закономерностей динамики его состояния. В целом геоинформационный мониторинг в транспортной геоинформатике исследует пространственный комплекс, включающий: объекты, ситуации, процессы, взаимодействия, а также связи и отношения между ними.

Результаты мониторинга помещают в обычные базы данных или в пространственные базы геоданных. При построении моделей используют семиотический подход. Он состоит в том, что учитывают в первую очередь семантику объекта и во вторую его морфологию при построении моделей.

Основным видом моделирования в транспортной геоинформатике является геоинформационное моделирование. В результате геоинформационного моделирования создают цифровые карты и цифровые модели транспортных сетей. Это является преимуществом геоинформатики транспорта.

Обязательным условием геоинформационного моделирования и мониторинга в транспортной геоинформатике является создание единой координатной системы. Единая координатная система позволяет сопоставлять результаты наблюдений, в том числе, получаемые в разные периоды времени. Это позволяет проводить ретроспективный анализ и строить временные ряды.

Особенностью транспортной геоинформатики является использование геоинформационного анализа для решения прикладных проблем. Геоинформационный анализ может проводиться с использованием различных теоретических методов и информационных систем. Основной информационной системой в транспортной геоинформатике является геоинформационная система (ГИС). В техническом плане ГИС упрощает взаимодействие атрибутов с пространственными данными. В когнитивном плане ГИС снимает нагрузку на пользователя при анализе множественных пространственных данных.

Особенностью транспортной геоинформатики является формирование моделей подвижных объектов. Пространственный анализ, который используется в ГИС, формирует пространственные модели подвижных объектов. Часто, геоинформационному анализу предшествует прикладная задача или научная задача. Это приводит к тому, что в процессе геоинформационного анализа решается научная задача, на основе которой получают набор знаний: декларативные знания; пространственные знания. геознания. Геоинформационный анализ позволяет также выявлять неявные знания и преобразовывать их в явные знания.

Особенностью транспортной геоинформатики является применение пространственного мониторинга, основой которого является геоинформационный мониторинг. Пространственный мониторинг включает наземный и космический мониторинг. Для отслеживания глобального перемещения грузов применяют космический мониторинг и дистанционное зондирование. Геоинформационный мониторинг в транспортной геоинформатике решает и частные задачи, например, для анализа состояния полосы отвода.

Особенностью транспортной геоинформатики является применение экологической геоинформатики [4]. Экологическую геоинформатику применяют для оценки риска влияния вредных загрязняющих веществ на окружающую среду, в которой функционирует транспорт. Экологическую оценку выполняют в трех вариантах. Первый вариант связан с оценкой влияния транспорта на загрязнение окружающей среды. Второй вариант применения экологической геоинформатики связан с оценкой воздействия промышленных загрязнителей на окружающую среду. Третий вариант применения экологической геоинформатики в транспортной геоинформатике связан с оценкой экологической полезности размещения жилого фонда и производственного фонда в городских территориях. Однако транспортная геоинформатика решает задачи размещения с использованием большего числа факторов, включая экологические.

Особенностью транспортной геоинформатики является применение геостатистики. Транспортная геоинформатика применяет комплексный пространственный анализ. Особенность пространственных статистических моделей заключается в том, что значения соседних атрибутов статистически более зависимы, чем значения удаленных атрибутов. Большое значение в транспортной геоинформатике имеет визуализация и визуальная обработка информации. Такая возможность появляется благодаря тому, что база данных ГИС имеет визуальное картографическое представление. Такая необходимость появляется при обработке космических снимков, аэрофотоснимков и снимков с БПЛА.

Особенностью транспортной геоинформатики является применение БПЛА для мониторинга железных дорог. При этом появляется направление использования интеллектуальных БПЛА.

### **Заключение**

Развитием применения геоинформатики на транспорте является создание и использовании транспортной геоинформатики как специализированной геоинформатики для решения транспортных задач. В свою очередь, развитие транспортной геоинформатики основано на новейших достижениях науки и техники применительно к решению задач транспорта. В настоящее время транспортная геоинформатика является основным инструментом анализа состояния и развития транспортной инфраструктуры. Развитие транспортной геоинформатики основано на интеграции

методов других наук для собственного развития. Транспортная геоинформатика делится на общую и прикладную. Общая транспортная геоинформатика решает задачи теории и интеграции с другими науками. Например, теория транспортных сетей входит в геоинформатику транспорта, но не входит в обычную геоинформатику. Прикладная транспортная геоинформатика решает практические задачи. Разнообразие задач мотивирует дифференциацию геоинформатики. Прикладная транспортная геоинформатика кроме решения задач накапливает опыт, который служит основой развития общей транспортной геоинформатики. основным инструментом получения информации о транспортных сетях служит геоинформационный и пространственный мониторинг, включая космический мониторинг. Геоинформационный мониторинг является ядром пространственного мониторинга. Геоинформатика транспорта есть основной инструмент исследования и управления транспортной инфраструктурой. Инструментом получения пространственных данных является геоинформационный мониторинг. Геоинформатика транспорта является поддержкой устойчивого развития транспортной системы. Она дает возможность выполнять количественную оценку пространственных процессов, взаимодействие объектов с внешней средой. В настоящее время она развивается в сторону использования информационных пространств, применения интеллектуальных систем и интеллектуальных методов анализа. Еще одним направлением транспортной геоинформатики является применение кибер-физических технологий и кибер-физических систем. Применение транспортной геоинформатики является обязательным компонентом развития транспорта.

**Список литературы**

1. Буравцев А. В. Геоинформатика наука о пространстве // Славянский форум. -2020. – 4(30). - С.161-170.
2. Максудова Л.Г., Савиных В.П., Цветков В.Я. Интеграция наук об окружающем мире в геоинформатике // Исследование Земли из космоса. - 2000. - №1. - с.46-50.
3. Awange J., Kiema J. B. Environmental geoinformatics //Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg. – 2013. – Т. 10. – С.978-983.
4. Ndayishimiye Deo. Development of logistic geoinformatics // Славянский форум. 2023, 2(40). С. 419-433.
5. Bhunia G. S. et al. Introduction to geoinformatics in public health //Geospatial Analysis of Public Health. – 2019. – С. 1-27.
6. Ожерельева Т. А. Экономическая геоинформатика // Славянский форум. 2024, 1(43). С. 361-370.
7. Раев В.К. Динамическая геоинформатика // Славянский форум. 2022, 2(36). С. 195-205/
8. Ivan I. et al. (ed.). Geoinformatics for intelligent transportation. – Gewerbestrasse : Springer International Publishing, 2015. – С. XIX.
9. Бучкин В.А. Цифровое моделирование и геоинформационное моделирование // Славянский форум. -2020. – 2(28). - С.15-23.
10. Tsvetkov V. Ya. Information Units as the Elements of Complex Models // Nanotechnology Research and Practice. - 2014, № 1(1), p.57-64
11. Ozhereleva T. A. Systematics for information units // European Researcher. 2014, № 11/1 (86), pp. 1894-1900.
12. Цветков В. Я., Мордвинов В. А. Подход к систематизации алгоритмов //Онтология проектирования. – 2017. – Т. 7. – №. 4 (26). – С. 388-397.
13. Чехарин Е. Е. Инкрементное моделирование //Славянский форум. – 2018. – №. 4. – С. 78-84.
14. Бронников С.В. Геоинформатика транспорта // Наука и технологии железных дорог. 2024. Т.8. №1 (29). – С.20-26.
15. Савиных В.П., Цветков В.Я. Развитие методов искусственного интеллекта в геоинформатике // Транспорт Российской Федерации. - 2010. -№5. - с.41-43
16. Бучкин Д.В. Состояние и развитие интеллектуальных ГИС // Информация и космос. 2020. - №3. – С .119-123.
17. Dolgy A.I., Rozenberg I.N., Tsvetkov V.Ya. Spatial logic in process of unmanned vehicle operation // В сборнике: AIP Conference Proceedings. Melville, New York, United States of America, 2021. С. 50059.
18. Цветков В.Я. Информационно измерительные системы и технологии в геоинформатике. - М.: МАКС Пресс, 2016. – 94 с.
19. Алексеев М. А. и др. Генерация и рецепция информационной составляющей робастного управления социально-экономическими системами //Вестник НГУЭУ. – 2022. – №. 1. – С. 8-30.
20. Джорова С. М. Рецепция, перцепция и апперцепция при интерактивной обработке в геоинформационных системах //Славянский форум. – 2022. – №. 4 (38). – С. 25.
21. Цветков В.Я. Рецепция информации // Образовательные ресурсы и технологии. – 2016. - 1 (13). – С.121-129.
22. Тягунов А.М. Цифровая трансформация в сфере транспорта // Наука и технологии железных дорог. 2021. Т. 5. №2 (18). – С.13-21.
23. Бучкин В. А. Геоинформационное поле и геоинформационное пространство // Славянский форум. 2022, 4(38). С.466-476.
24. Лёвин Б.А., Цветков В.Я. Цифровая железная дорога: принципы и технологии // Мир транспорта. - 2018. - Т. 16. - №3 (76). - С.50-61.
25. Позняк И.И., Полянская А.С., Поклонская А.В., Шевченко И.А. Перспективные проекты беспилотного транспорта // Славянский форум. -2019. – 2(24). - С.224-227.