

УДК: 528.02; 528.06

# Геосервис транспортной инфраструктуры

## Transport infrastructure geoservice

**Ярош И.Д.**, Заместитель начальника управления, Российский университет транспорта,  
E-mail: i.yarosh.rut@gmail.com, Москва, Россия  
**Yarosh I. D.**, Deputy Head of Department, Russian University of Transport,  
E-mail: i.yarosh.rut@gmail.com, Moscow, Russia



### Аннотация

В статье исследуется геосервис как инструмент управления и поддержки функционирования транспортной инфраструктуры. Показана роль пространственной информации в управлении транспортной инфраструктурой. Описаны виды мониторинга, которые входят в геосервис. Показано значение геоинформатики для развития геосервиса, а также особенности геосервиса на транспорте. Описано моделирование в геосервисе, 2D, 3D и 5D технологии. Раскрыто содержание информационной основы геосервиса. Описана серветизация как направление развития геосервиса, рассматриваются перспективы развития геосервиса.

**Ключевые слова:** транспорт, транспортная инфраструктура, геосервис, управление, мониторинг, геоинформационные услуги.

### Abstract

The article explores the geoservice as a tool for managing and supporting the functioning of the transport infrastructure. The role of spatial information in the management of transport infrastructure is shown. The types of monitoring that are included in the geoservice are described. The importance of geoinformatics for the development of geoservices, as well as the features of geoservices in transport are shown. Modeling in geoservice, 2D, 3D and 5D technologies is described. The content of the geoservice information base is disclosed. Ser-vetization is described as a direction for the development of geoservice, prospects for the development of geoservice are considered.

**Keywords:** transport, transport infrastructure, geoservice, management, monitoring, geoinformation services.



## Введение

Транспортная инфраструктура является основной формирования региональной и городской инфраструктуры. В настоящее время транспортная инфраструктура не соответствует в должной степени модели экономического роста РФ [1]. Некоторые авторы считают синонимами понятия «транспортная инфраструктура» и «транспортная система». Другие считают, что инфраструктура – это некая статическая модель, а транспортная система включает динамику процессов. Общим для «транспортная инфраструктура» и «транспортная системы» является опора на информационное моделирование [2]. Управление транспортной инфраструктурой требует технологической, информационной и интеллектуальной поддержки. Управление транспортной инфраструктурой [3-5] требует использования пространственной информации и поддержки. Поддержку в сфере применения пространственной информации и пространственного управления осуществляет геосервис [6-8]. Геосервис транспортной инфраструктуры выполняет функции информационной, технологической и управленческой поддержки. Геосервис можно разделить на общий и технический. Технический геосервис транспортной инфраструктуры включает разные виды мониторинга: информационный, пространственный, геомониторинг. Геосервис включает экологический мониторинг [10], мониторинг кадастра, мониторинг недвижимости, мониторинг транспорта [11], геотехнический мониторинг [12, 13], и др. Геосервис включает мониторинг ситуаций [14]. Общий вывод геосервис имеет много вариантов реализации и его нельзя сводит к одной технологии.

## Содержание геосервиса

Геосервис возник на основе геодезического обеспечения и системного анализа как технология контроля пространственных объектов для последующего управления ими. Простейший вариант геосервиса – это геодезическое обеспечение [9]. В широком смысле термин «геосервис» обозначает разнообразный набор услуг, связанный с использованием пространственной информации с применением современных информационных и геоинформационных технологий. Большинство пользователей Интернета используют электронные карты, это также геосервис. Навигаторы в автомобилях – пример геосервиса. Пользователей смартфонов используют не только электронные карты, но и технологии краудфандинг [15] краудсорсинг (crowdsourcing) [16]. Эти технологии также можно рассматривать как вид геосервиса.

Основная направленность геосервиса на транспорте – поддержка эксплуатации и управление транспортной инфраструктурой, включая недвижимость. В отличие от разрозненных технологий геосервис основан на комплексном управлении недвижимости транспортной инфраструктуры. С технологических позиций геосервис можно рассматривать как геоинформационную технологию, которая применяется для сбора информации и управления.

Геосервис включает: сбор, первичную обработку ин-

формации об объектах инфраструктуры, моделирование, планирование, подготовку проектов по застройке, оценке и управлению недвижимостью. Управление включает мониторинг, аудит, принятие решений, ремонт, реконструкцию, а также продажу или аренду. Мониторинг в геосервисе включает наблюдение, оценку состояния объекта, моделирование состояния, прогноз изменения состояния и подготовку рекомендаций по управлению. Принятие решений включает анализ альтернатив и поиск оптимальных решений.

Транспортная инфраструктура имеет объекты разных типов. Поэтому нет общей технологии геосервиса для всех объектов транспортной инфраструктуры. Выделяют геосервис для объектов одного типа. Например, геосервис строительства, геосервис наблюдения за деформациями, геосервис недвижимости, геосервис пути и так далее.

Основной объект геосервиса – недвижимость транспортной инфраструктуры. Примечательно что в ГОСТ Р 57271.1-2016 «Менеджмент вспомогательных процессов в управлении недвижимостью. Термины, определения и область применения», нет определения термина «недвижимость». Это говорит о недостаточной проработанности данного документа. Другим серьезным недостатком данного документа является перевод словосочетания «управление недвижимостью», его авторы переводят это как «Facility management». Этот перевод неточный, так как за рубежом существуют два направления в управлении недвижимостью. Одно направление – это «управление объектами». Это и есть «Facility management» или FM, и в отношении транспортной инфраструктуры его применяют редко. Также для обозначения недвижимости применяют термин «real estate».

За рубежом интенсивно развивается направление «корпоративное управление недвижимостью» или «corporate real estate management» или CREM. Именно его и применяют в отношении недвижимости транспортной инфраструктуры. При этом следует отметить, что в российской литературе некорректно переводят термин «недвижимость». Часто его обозначают термином «property» (имущество). За рубежом термину «недвижимость» ставят в соответствие «real estate».

Геосервис имеет общие признаки для разных видов, и частные признаки для отдельного вида геосервиса. На основе анализа и обобщения можно сформулировать общее определение геосервиса. Геосервис – это комплексная технология поддержки управления и функционирования пространственных объектов, основанная на использовании геоданных и экономической информации. Дополнительными особенностями геосервиса являются пространственное моделирование, пространственное управление и пространственный анализ.

## Пространственная информация в геосервисе

Геосервис работает с пространственными объектами, и он использует пространственную информацию и геоданные. В геоданных выделяют две группы информации – пространственную и экономическую. Пространственная >>>

информация подразделяется на геометрическую и атрибутивную. С экономических позиций геосервис относится к области пространственной экономики [17]. Технологически геосервис применяет методы геоинформатики и геоинформационные технологии, поскольку именно геоинформатика наилучшим образом использует пространственную информацию. Поэтому в сфере геосервиса выделяют особый вид услуг, который называют геоинформационные услуги. Геоинформационные услуги – это услуги, связанные с геоинформационной продукцией: картами, цифровыми моделями, спутниковыми приемниками и пр. Дополнительным преимуществом является то, геоинформационные технологии являются инструментом поддержки принятия решений [18].

Геоданные для геосервиса собирают с применением информационно-измерительных систем и измерительных технологий [19, 20]. Разнообразная информация объединяется в единую систему геоданных. Геоинформационное моделирование основой для геосервиса и пространственного моделирования. Оно включает информационное моделирование.

Пространственное моделирование [21], наряду с экономическим, является основным видом моделирования в геосервисе. Оно включает геометрические, топологические и физические характеристики. Оно служит основой для проектирования и конструирования. [22]. В геосервисе пространственное моделирование реализуется в большинстве случаев через геоинформационное моделирование.

В геосервисе часто применяют когнитивный анализ и пространственные рассуждения. Этот подход редуцирует сложные не формализуемые ситуации.

Моделирование в геосервисе есть основа контроля и поддержки принятия решений в управлении объектами транспортной инфраструктуры. Оно использует множество моделей: первичные измерительные, модели данных, модели объектов, модели процессов, модели ситуаций; модели информационных взаимодействий; модели пространственных отношений, метамодел, информационные единицы.

Одним из видов геоинформационного моделирования является ГИС-моделирование, в котором применяют геоинформационные системы. Это выдвигает дополнительные требования к моделям, применяемым для ГИС. Первое требование к пространственным моделям состоит в том, что они должны быть комплементарны типу ГИС и ее интерфейсу. Второе требование к моделям заключается в наличии информационной основы [23], объединяющей разные наборы и форматы данных.

Методология геосервиса использует методологию сложных организационно-технических систем, бизнес-геодезии, геомониторинга и геоинформационного моделирования. Геосервис работает с 2D и 3D объектами. Характерным примером является 2D -ГИС. С системных позиций геосервис можно рассматривать как сложную технологическую систему.

Среди поддерживаемых технологий в геосервисе следует выделить цифровое моделирование. Цифровое моделирование выполняет несколько функций. Первая функция аналогово-цифрового преобразования.

Цифровое моделирование преобразует непрерывные поверхности в дискретные ряды точек. Для сохранения информативности цифровой модели. используют теорему Шеннона-Котельникова. Цифровое моделирование сжимает на 3-4 порядка информацию об объекте. Цифровое моделирование позволяет восстанавливать аналоговую информацию по дискретным рядам. Цифровое моделирование обладает высокой помехозащищенностью.

В геосервисе применяют эвристические [24] и метаэвристические [25] методы. В лабораторных условиях, особенно при проектировании применяют смешанную реальность, дополненную реальность и иммерсивные технологии. Для анализа проектных решений применяют виртуальное моделирование и его модификации. Виртуальное моделирование в геосервисе включает когнитивный анализ. Это обуславливает применение в геосервисе методов когнитивного моделирования [26]. Накопление опыта в геосервисе требует обобщения, которое осуществляют с помощью метамоделирования [27]

## Информационная основа геосервиса

На основе измерений получают разнообразную информацию. Для ее совместной обработки необходим их комплементарное преобразование в систему данных. Таких систем данных в геоинформатике две. Либо интегрированная основа данных, либо геоданные. Интегрированная основа данных создается под конкретное решение задачи. Геоданные являются универсальной системой данных, которая хранится в ГИС или в базах пространственной информации.

Интегрированная основа данных используется для хранения, для описания и для процессов обработки. Интегрированная основа данных используется для вычислений и оценок.

При конструировании геоданных осуществляют систематику, классификацию и селекцию. Селекция включает устранение избыточной информации и отбраковку аномальных данных

Систематика и классификация состоит разбиении и группировки исходных на группы и классы. Систематика и классификация упрощают обработку, поскольку для группы можно применять типовые процедуры обработки, что повышает скорость обработки информации.

Геоданные являются информационным ресурсом. Их универсальность позволяет применять к ним разные виды анализа: сравнительный, интеллектуальный [28], качественный, эвристический [24], когнитивный, логический, системный.

Временная компонента в геоданных дает возможность выделять исторические данные и выполнять прогнозирование. Разделяют геоданные и модели, построенные на основе геоданных. Для принятия решений применяют модели. Для инфраструктуры разделяют модели неподвижных объектов и модели подвижных объектов. модели подвижных объектов позволяют контролировать подвижный объект и управлять его движением. >>>

В реальности многие модели объектов являются не стационарными. Например, сооружение на стадии строительства или ремонта может менять свою конфигурацию и содержание. По мере эксплуатации пути он также меняет конфигурацию и может существенно отличаться от проектного.

Геосервис включает функции контроля не только состояния объекта, но и его конфигурации и соответствия проектным значениям. Эта часть геосервиса использует разные виды мониторинга. Современная проблема обработки пространственной информации связана с «большими геоданными» [29, 30]. Она обусловлена ростом скоростей подвижных объектов, повышением частоты сбора информации и увеличением объемов фактофиксирующих моделей, используемых в управлении и контроле.

## Современные приложения геосервиса

Формально геосервис рассматривают как услугу. Но эта технология лишь частично представляет услугу. Она имеет также управленческую составляющую, научную составляющую и контролируемую составляющую.

В качестве контролирующей составляющей геосервис применяет пространственный мониторинг, геоданные, цифровые модели, визуальную обработку изображений. В частности, для контроля состояния пространственных объектов используют БПЛА [31].

Транспортная инфраструктура подвергается множеству природных и техногенных опасностей и различным нагрузкам на протяжении всего своего жизненного цикла. Физический ущерб и нарушение работы транспортных сетей приводят негативным эффектам влияющих на экономику и общество. Это вводит в функции геосервиса функцию оценки рисков.

В работе [32] описаны требования к оценке рисков и оценке устойчивости транспортной инфраструктуры. Предложена модель оценки риска в режиме реального времени с высокой точностью, с целью максимизации функциональности и минимизации потерь. В работе [32] расширено понятие геосервиса, которое дополнено структурным и функциональным геосервисом. Расширенный геосервис дает детальную оценку рисков. С позиций решения прикладных задач геосервис можно считать прикладной системой [33].

Цифровое моделирование является основой построения не только трехмерных объектов, но и 4D моделей и 5D моделей. 4D используют при мониторинге и прогнозировании. 5D модели применяют при управлении недвижимостью. 5D является моделью, включающая в себя стоимость объекта или любую другую исчисляемую характеристику. Ее используют для расчета стоимости жизненного цикла [34]

Расчет стоимости жизненного цикла (Life Cycle Costing, LCC) — это учет всех «соответствующих» затрат и доходов, связанных с приобретением и владением активом. LCC имеет ряд соответствующих приложений, в том числе оценку проектов; управление объектами; закупки и торги, а также как средство оценки устойчиво-

го строительства. Хотя эти преимущества очевидны, этот процесс недостаточно используется из-за ряда автономности. В системе геосервиса он становится экономичней и выгодней.

## Серветизация как направление геосервиса

Направлением геосервиса, связанным с развитием территорий, причем воспроизводимых, является серветизация (servitization) [35]. Этот термин переводят также как территориальное обслуживание. Территориальное обслуживание представляет собой анализ того, как производственные фирмы и секторы наукоемких бизнес-услуг (knowledge-intensive business service, KIBS) сотрудничают в работе по возрождению производственной конкурентоспособности в регионах с развитой экономикой. В этой редакционной заметке представлены четыре идеи. Во-первых, он суммирует существующий объем знаний по теме. Во-вторых, он дает количественную оценку и отображает деятельность по территориальному обслуживанию в испанских регионах. В-третьих, он представляет и размышляет над сборником из пяти статей в этом специальном выпуске, которые приносят новое понимание того, как географическая близость, инновационные системы и неоднородность KIBS помогают пониманию территориальной серветизации [26].

С 1980-х транснациональные корпорации изменили производственные процессы, включая управление инфраструктурой и территориями. Производственные процессы постепенно превратились из локального явления в глобальное явление. Эти изменения увеличили производственные мощности производственных компаний из стран с формирующейся рыночной экономикой, что потребовало переосмысления конкурентных преимуществ производственных компаний в развитых странах. Исследование [37] показывает, что развивающиеся страны смогли воспроизвести производственные мощности, но еще не смогли имитировать деятельность с более высокой добавленной стоимостью, связанную с использованием цифровых технологий для добавления услуг, создающих стоимость, к предлагаемому продукту. Этот процесс переосмысления бизнес-модели производственных фирм широко изучался в литературе как серветизация производства [38].

Территориальное обслуживание является результатом симбиотических отношений между секторами наукоемких услуг (KIBS) и производственными фирмами, что, в свою очередь, обеспечивает превосходную территориальную устойчивость, возрождение и конкурентоспособность производства, а также региональное развитие.

Территориальное обслуживание является направлением геосервиса, но довольно долго развивалась как независимая технологий без использования возможностей геосервиса. Довольно долго доминантой серветизации была услуга без адекватной пространственной привязки. В настоящее время ситуация меняется и возможности геосервиса существенно усиливают технологию серветизации. В настоящее время серветизация трактуется как пространственная услуга, то есть как часть геосервиса. >>>

При этом не следует серветизацию путать с сервейингом (surveying). Этот термин переводится как «геодезия», хотя в некоторых Российских экономических журналах его стали использовать для обозначения технологии управления недвижимостью. Соответственно, surveyer (сервейер) переводится как «геодезист», о его используют как специалист по недвижимости, хотя существует термин риелтор. Серветизация ближе сервису и геосервису, но не геодезии.

## Заключение

Геосервис возник как услуга, но с течением времени превратился в комплексную технологию по поддержке управления и функционирования объектов недвижимости, объектов транспортной инфраструктуры и коммуникаци-

онной технологией пространственного анализа и использования пространственной информации. Пока геосервис развивается как прикладное направление, которое опирается на технологические разработки и опыт применения. Системный подход позволяет рассматривать геосервис как сложную систему. Обобщение применения геосервиса позволяет формировать пространственные знания [39] и геознания [40, 41]. Геосервис как технология поддержки обеспечивает устойчивость функционирования объектов транспортной инфраструктуры. Потребность применения геосервиса растет, что обусловлено широким применением электронных карт и мобильных систем. Применение систем спутниковой навигации также создает сферу геосервиса. Цифровая железная дорога и транспортные кибер-физические системы требуют поддержки. Такую поддержку дает геосервис. ■

## Список литературы

1. Кох И. А. Стратегия управления транспортной инфраструктурой города: социологические аспекты // Вопросы управления. – 2017. – № 2 (45). – С. 106-112.
2. Максудова Л.Г., Цветков В.Я. Информационное моделирование как фундаментальный метод познания // Известия высших учебных заведений. Геодезия и аэрофотосъемка. – 2001. – №1. – С.102-106.
3. Кудрявцев А. М., Тарасенко А. А. Методический подход к оценке развития транспортной инфраструктуры региона // Фундаментальные исследования. – 2014. – № 6-4. – С. 789-793.
4. Ланцева В. Ю., Кутало Я. Д. Концептуальные основы управления развитием транспортной инфраструктуры Российской Федерации // Ученые записки Крымского федерального университета имени В.И. Вернадского. Юридические науки. – 2019. – Т. 5. – № 3. – С. 3-9.
5. Сирина Н. Ф., Юшкова С. С. Совершенствование системы управления транспортной инфраструктурой полигона железных дорог // Современные технологии. Системный анализ. Моделирование. – 2019. – № 2 (62). – С. 98-108.
6. Кудж С.А. Геосервис как сложная организационно-техническая система // Славянский форум. -2020. – 2(28). – С.55-64.
7. Шайтура С. В., Ознамец В. В. Теоретические и технологические основы геосервиса // Методы и программные средства информационного сервиса в информационных и пространственных полях. – 2020. – С. 94-104.
8. Цветков В. Я. Гео сервис–опыт использования и методология использования // Отходы и ресурсы. – 2017. – Т. 4. – № 3. – С.10.
9. Ознамец В. В. Геодезическое обеспечение как геосервис // Славянский форум. – 2020. – № 2. – С. 237-245.
10. Затягалова В.В. Геоэкологический мониторинг загрязнений моря по данным дистанционного зондирования // Образовательные ресурсы и технологии. – 2014. – №5(8). – С.94-99.
11. Лёвин Б.А. Комплексный мониторинг транспортной инфраструктуры // Наука и технологии железных дорог. – 2017. – 1(1). – С.14-21.
12. Цветков В.Я. Геоинформационный геотехнический мониторинг // Науки о Земле. – 2012. – №4. – С.054-058.
13. Булгаков С.В. Геотехнический мониторинг транспорта // Наука и технологии железных дорог. 2021. Т. 5. №1 (17). – С.42-49.
14. Guerra V. M. V. et al. Automatic pose recognition for monitoring dangerous situations in Ambient-Assisted Living // Frontiers in Bioengineering and Biotechnology. – 2020. – Т. 8. – С. 415
15. Moritz A., Block J. H. Crowdfunding: A literature review and research directions // Crowdfunding in Europe. – 2016. – С.25-53.
16. Estellés-Arolas E., González-Ladrón-de-Guevara F. Towards an integrated crowdsourcing definition // Journal of Information science. – 2012. – Т. 38. – № 2. – С. 189-200.
17. Tsvetkov V. Ya. Spatial Relations Economy // European Journal of Economic Studies, 2013, № 1(3). – p.57-60.
18. Цветков В.Я. Применение геоинформационных технологий для поддержки принятия решений // Известия высших учебных заведений. Геодезия и аэрофотосъемка. – 2001. – №4. – С.128-138.
19. Галеев А.П. Измерительные технологии в геоинформатике // Славянский форум. 2022, 4(38). С.483-502.
20. Цветков В.Я. Информационно-измерительные системы и технологии в геоинформатике. – М.: МАКС Пресс, 2016. – 94с.
21. Лотоцкий В.Л. Пространственное информационное моделирование // Образовательные ресурсы и технологии. – 2016. – 3 (15). – С.114-122.
22. Шайтура С.В. Моделирование и конструирование // Славянский форум. -2019. – 1(23). – С.68-79.
23. Цветков В.Я. Создание интегрированной информационной основы ГИС // Известия высших учебных заведений. Геодезия и аэрофотосъемка. – 2000. – №4. – С.150-154.



24. Martí R., Reinelt G. Heuristic methods //Exact and Heuristic Methods in Combinatorial Optimization. – Springer, Berlin, Heidelberg, 2022. – С. 27-57.
25. Цветков В.Я. Мета эвристики в информационном поле // Славянский форум. 2022, 4(38). С. 408-420.
26. Болбаков Р.Г. Когнитивное пространственное моделирование // ИТНОУ: Информационные технологии в науке, образовании и управлении.- 2019.- № 3 (13). – С.3-9.
27. Цветков В.Я., Булгаков С.В., Титов Е.К., Рогов И.Е. Метамоделирование в геоинформатике // Информация и космос. 2020. – №1. – С.112-119.
28. Шайтура С.В. Интеллектуальный анализ геоданных // Перспективы науки и образования. – 2015. – №6. – С.24-30.
29. Буравцев А.В., Цветков В.Я. Облачные вычисления для больших геопространственных данных // Информация и космос. 2019. – №3. – С.110-115.
30. Лёвин Б.А., Цветков В.Я. Информационные процессы в пространстве «больших данных» // Мир транспорта. 2017. – Т.15, №6(73). – С.20-30.
31. Ознамец В.В. Обработка снимков с БПЛА с помощью проективных алгоритмов // Вектор ГеоНаук. 2020. Т. 3. № 2. С.74-81.
32. Dimitra V. A., Stergios A. M., Sotirios A. A. Ying Wang: monitoring of transport infrastructure exposed to multiple hazards: a roadmap for building resilience //Sci. Total Environ. – 2020. – Т.746.
33. Цветков В.Я. Прикладные системы // Известия высших учебных заведений. Геодезия и аэрофотосъемка. – 2005.- №3. – С.76- 85.
34. Smith P. Project cost management with 5D BIM //Procedia-Social and Behavioral Sciences. – 2016. – Т. 226. – С.193-200.
35. Bellandi M., Santini E. Territorial servitization and new local productive configurations: The case of the textile industrial district of Prato // Regional Studies. – 2019. – Т. 53. – №. 3. – С. 356-365.
36. Herrero F. V., González E. M. L., Vaillant Y. Territorial servitization: Conceptualization, quantification and research agenda //Investigaciones Regionales= Journal of Regional Research. – 2020. – №. 48. – С.5-15.
37. Buckley, P. J., Strange, R., Timmer, M. P., & de Vries, G. J. (2020). Catching-up in the global factory: Analysis and policy implications.// Journal of International Business Policy, 3, pp.79–106.
38. Bustinza, O. F., Vendrell-Herrero, F., & Baines, T. (2017). Service implementation in manufacturing: An organisational transformation perspective. International Journal of Production Economics, 192, pp.1-8.
39. Цветков В.Я. Формирование пространственных знаний: Монография. – М.: МАКС Пресс, 2015. – 68с.
40. Tsvetkov V. Ya. Geoknowledge // European Journal of Technology and Design. – 2016, 3(13), pp. 122-132.
41. Савиных В.П. Геознание. – М.: МАКС Пресс, 2016. – 132с.