

## ГЕОДЕЗИЯ И МАРКШЕЙДЕРИЯ

УДК 528.48(624.21+625.11+625.72)

### **ИНФОРМАЦИОННАЯ СИСТЕМА ПОСТРОЕНИЯ ИНФРАСТРУКТУРЫ ГЕОПРОСТРАНСТВЕННЫХ ДАННЫХ ДЛЯ АВТОМОБИЛЬНЫХ И ЖЕЛЕЗНЫХ ДОРОГ**

*Александр Петрович Карник*

Сибирский государственный университет геосистем и технологий, 630108, Россия, г. Новосибирск, ул. Плахотного, 10, доктор технических наук, профессор, ректор, тел. (383)343-39-37, e-mail: rector@ssga.ru

*Андрей Вячеславович Никитин*

Дальневосточный государственный университет путей сообщения, 680021, Россия, г. Хабаровск, ул. Серышева, 47, кандидат технических наук, доцент кафедры изыскания и проектирования железных и автомобильных дорог, тел. (4212)40-76-08, e-mail: avnik1961@mail.ru

В статье рассмотрена информационная система построения инфраструктуры геопространственных данных для автомобильных и железных дорог, включающая следующие составляющие: автомобильные дороги, мосты, железные дороги, публикации, программное обеспечение. Предложены оптимальные способы получения геопространственных данных для определения пространственной длины трассы, площади водосбора, контроля пространственного положения опор мостов, которые могут применяться при информационном моделировании. Показана эффективность способа определения длины трассы при проектировании автомобильных дорог для повышения точности геодезических измерений. В online режиме возможно определять фактическую площадь участков водосбора и получать информацию по контролю пространственного положения опор мостов. Достоверность информационной системы подтверждается ссылками на источники информации с помощью гиперссылок на литературу и данными, опубликованными авторами в научных статьях и патентах на изобретения.

**Ключевые слова:** информационная система, автомобильные дороги, железные дороги, система знаний, пространственная длина трассы, площадь водосбора.

В современной науке под термином «информационная система» понимается система, предназначенная для хранения, поиска и обработки информации, и соответствующие организационные ресурсы (человеческие, технические, финансовые и т. д.), которые обеспечивают и распространяют информацию [1].

Существуют различные классификации информационных систем (ИС) по архитектуре, степени автоматизации, характеру обработки данных, области применения и охвату задач.

В статье [2] предложена концепция информационного моделирования на этапах дорожной деятельности, где в качестве формы представления результата создаются информационные модели автомобильных дорог. Таким образом, информационная модель автомобильной дороги – это стандартизованное цифровое представление различных аспектов планирования, проектирования, строительства и эксплуатации автомобильных дорог, включающее в себя трехмерные параметрические модели (3D), календарное планирование (4D), стоимостную оценку (5D), модели транспортных потоков и организации движения (6D) и сведения об изменяемых параметрах и явлениях на автомобильной дороге (7D).

Следует подчеркнуть, что в настоящее время нет однозначного определения целей, задач и технологий использования различных информационных систем. Поэтому разработка новых информационных систем [3, 4] в области геопространственных данных является актуальной задачей для геодезии.

В настоящей статье обсуждается разработанная авторами информационная система (база знаний) построения инфраструктуры геопространственных данных для автомобильных и железных дорог.

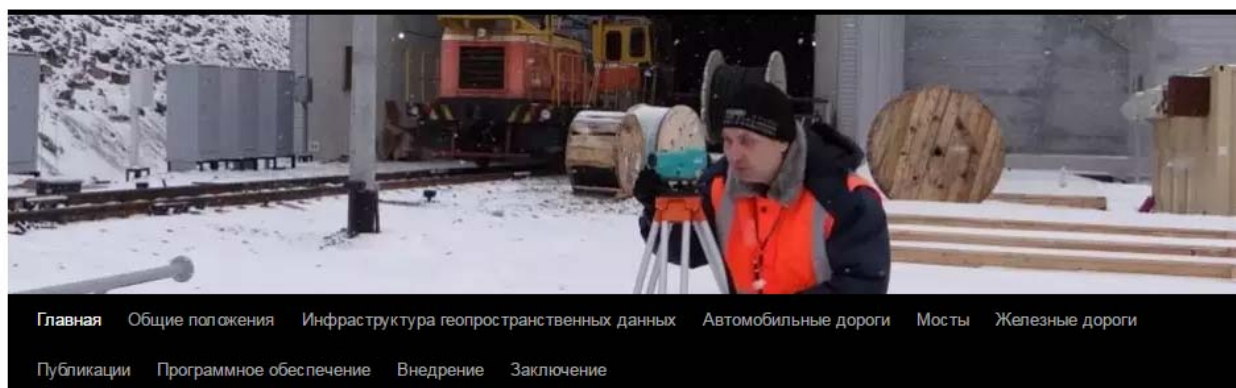
Предложенная информационная система включает аналитический обзор современного уровня получения геопространственных данных и разработку оптимальных методов построения инфраструктуры геопространственных данных для автомобильных и железных дорог. Чем точнее и объективнее информация, находящаяся в распоряжении ИС, чем полнее она отражает действительное состояние объекта и взаимосвязи в нем, тем обоснованнее реальные меры, направленные на достижение поставленных целей, и тем меньше степень риска (ошибочности) принимаемого решения [5, 6].

Основной целью информационной системы построения инфраструктуры геопространственных данных для автомобильных и железных дорог является обеспечение принятия решений по выбору и оптимизации методов производства геодезических работ в условиях открытости и достоверности используемой информации.

«Открытость» системы подтверждается размещением ее на сайте <http://nik.kolbasoft.com> (рис. 1).

Инфраструктура геопространственных данных состоит из следующих составляющих (вкладок): главная, общие положения; инфраструктура геопространственных данных; автомобильные дороги, мосты; железные дороги; публикации; программное обеспечение, внедрение и заключение.

**НИКИТИН АНДРЕЙ ВЯЧЕСЛАВОВИЧ**  
кандидат технических наук, доцент

 Поиск

**ОПТИМАЛЬНЫЕ МЕТОДЫ ПОСТРОЕНИЯ ИНФРАСТРУКТУРЫ  
ГЕОПРОСТРАНСТВЕННЫХ ДАННЫХ ДЛЯ АВТОМОБИЛЬНЫХ И  
ЖЕЛЕЗНЫХ ДОРОГ**

В геoinформационной системе рассматриваются результаты многолетних научных и производственных исследований автора в области геодезических работ при проектировании, изысканиях, строительстве и эксплуатации инфраструктурных объектов

- Главная
- Общие положения
- **Инфраструктура геопространственных данных**
  - Транспортная система Российской Федерации
  - **Инфраструктура геопространственных данных автомобильных и железных**

Рис. 1. Информационная система

Полная информация представлена на дереве сайта. Например, вкладка «Инфраструктура геопространственных данных» включает разделы: транспортная система РФ; вопросы проектирования автомобильных дорог; контроль геометрических параметров автомобильных дорог; технология геодезических работ на железных дорогах, станциях и узлах; обеспечение геопространственными данными при определении площадей объектов автомобильных и железных дорог; методы получения геопространственных данных в мостостроении.

Достоверность приведенной информации гарантируется ссылками на источники информации с помощью гиперссылок на литературу (202 источника) и данными, опубликованными авторами в научных статьях и патентах на изобретения РФ.

Выбор оптимальных методов получения геопространственных данных обуславливается целями и задачами соответствующих геодезических работ.

В настоящее время в РФ осуществляется внедрение технологий информационного трехмерного моделирования зданий BIM (Building Information Modeling) в области промышленного и гражданского строительства [7].

Во вкладке «Автомобильные дороги» рассмотрен новый способ, значительно повышающий точность способа определения фактической длины трассы, отличающийся от существующих тем, что пространственную длину трассы определяют как сумму пространственных длин прямых участков, горизонталь-

ных и вертикальных кривых [8, 9]. Пространственную (фактическую) длину трассы находят следующим образом:

$$L_{\Phi} = \sum(D)_{\text{ПУ}} + \sum(\text{ГК})_{\text{П}} + \sum(\text{ВК})_{\text{П}}, \quad (1)$$

где  $L_{\Phi}$  – фактическая (пространственная) длина трассы;  $\sum(D)_{\text{ПУ}}$  – сумма пространственных длин прямых участков;  $\sum(\text{ГК})_{\text{П}}$  – сумма пространственных длин горизонтальных кривых;  $\sum(\text{ВК})_{\text{П}}$  – сумма пространственных длин вертикальных кривых.

Наиболее эффективно применение данного способа при проектировании автомобильных дорог III–V категорий. Перспектива данного способа заключается в его применении в BIM технологиях при трехмерном проектировании автодорог в 3D.

В этой же вкладке рассмотрены вопросы теории обеспечения геопространственными данными при определении площадей объектов автомобильных и железных дорог. Предложен новый способ, уточняющий фактическую площадь водосбора при проектировании дорог и мостов [10, 11] за счет усреднения уклонов профилей сетки ортогональных линий, в двух взаимно перпендикулярных направлениях с максимальной степенью приближения к физической поверхности. Так как площадь определяется по двум взаимно перпендикулярным направлениям, получается 2D модель физической поверхности. Разработанный способ применим для объектов любой формы, в том числе треугольников и  $n$ -угольников, а также его можно использовать при определении площадей по цифровой модели местности, в том числе и при трехмерном проектировании различных объектов.

Площадь водосбора определяют по формуле:

$$A_{\Phi} = A_{\Gamma} \sqrt{1+i_1^2} \sqrt{1+i_2^2} - A_{\Gamma} \frac{y^2}{R^2} + A_{\Gamma} \frac{2H}{R}, \quad (2)$$

где  $A_{\Phi}$  – фактическая площадь водосбора;  $A_{\Gamma}$  – геодезическая площадь водосбора;  $i_1$  – средний продольный уклон участка водосбора;  $i_2$  – средний поперечный уклон участка водосбора;  $y$  – средняя ордината участка (расстояние от осевого меридиана);  $H$  – средняя нормальная отметка участка;  $R$  – радиус Земли.

Применение способа позволяет повысить надежность получения геопространственных данных. При этом точность определения площади водосбора увеличивается на 20 %.

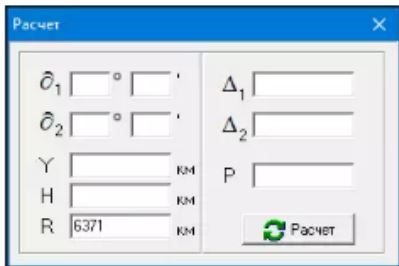
Вкладка «Мосты» включает информацию по пространственному контролю опор мостов. Современные и традиционные геодезические методы при изысканиях, строительстве и мониторинге мостовых сооружений рассмотрены в пособии [12]. В ИС приведены новые способы контроля планового положения опор

мостов [13] и определения крена [14]. Способ контроля планового положения опор мостов, возводимых на цилиндрических оболочках большого диаметра, является эффективным в производстве и на его основе выполнен детальный расчет точности. Способ контроля вертикальности опор мостов (с одной станции) по измеренной разности вертикальных углов повышает надежность результатов и производительность труда.

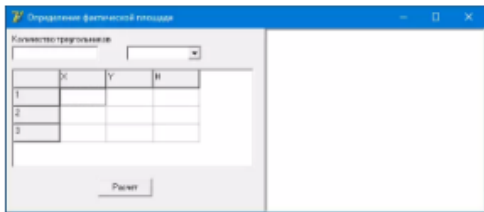
Вкладка «Программное обеспечение» содержит интерфейс разработанных программ по определению фактической площади земельных участков. В режиме online появляется возможность определения фактической площади участков водосбора (рис. 2) и получения информации по контролю пространственного положения опор мостов.

### Программное обеспечение

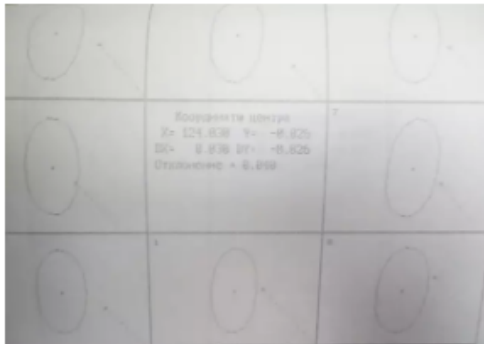
[Программа определения фактической площади](#)



[Программа определения площади](#)



[Контроль пространственного положения опор мостов](#)



- Главная
- Общие положения
- Инфраструктура геопространственных данных
  - Транспортная система Российской Федерации
  - Инфраструктура геопространственных данных автомобильных и железных дорог
  - Контроль геометрических параметров автомобильных дорог
  - Технология геодезических работ на железных дорогах, станциях и узлах
  - Обеспечение геопространственными данными при определении площадей объектов автомобильных и железных дорог
  - Методы получения геопространственных данных в мостостроении
  - Автомобильные дороги
    - Теория обеспечения геопространственными данными при определении площадей объектов автомобильных и железных дорог
    - Разработка теории методов формирования геопространственных данных автомобильных дорог
- Мосты
- Железные дороги
- Публикации
  - Публикации Никитина А. В.
  - Список литературы
- Программное обеспечение
- Внедрение
- Заключение

Рис. 2. Определение фактической площади в online режиме

Материалы, представленные в разделе «Железные дороги», позволяют выбирать оптимальные методы геодезических работ при модернизации участков железных дорог. Приведены методы получения геопространственных данных на железных дорогах Дальнего Востока с применением приемников ГНСС [15].

Доказано, что расстояния между пунктами установки спутниковых приемников на участках железных дорог в ходах съёмочного обоснования следует проектировать в интервале 2 500–3 500 м.

Кроме этого, в представленной ИС рассмотрены методы контроля геометрических автомобильных дорог [16] и способы получения геопространственных данных на железнодорожных станциях и узлах [17].

Данная ИС предназначена для студентов старших курсов, аспирантов и инженерно-технических работников, занимающихся вопросами совершенствования методов получения геопространственных для автомобильных и железных дорог.

Выводы:

- разработана информационная система (база знаний) построения инфраструктуры геопространственных данных для автомобильных и железных дорог;
- информационная система является «открытой» и оперирует достоверной информацией;
- система позволяет выбрать оптимальные методы получения геопространственных данных при изысканиях, проектировании, строительстве и эксплуатации автомобильных и железных дорог;
- предложенные способы определения пространственной длины трассы, площади водосбора, контроля пространственного положения опор мостов считаем возможным рекомендовать к использованию при информационном моделировании BIM.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Информационная система [Электронный ресурс]. – Режим доступа : [https://ru.wikipedia.org/wiki/Информационная система](https://ru.wikipedia.org/wiki/Информационная_система).
2. Скворцов А. В., Сарычев Д. С. Жизненный цикл проектов автомобильных дорог в контексте информационного моделирования // САПР и ГИС автомобильных дорог. – 2015. – № 1 (4). – С. 4–14.
3. Суменко Л. Г. Англо-русский словарь по информационным технологиям. – М. : ГП ЦНИИС, 2003. – 782 с.
4. Хорошилов В. С. Методология реализации информационной системы «Геодезические работы при монтаже технологического оборудования» // Изв. вузов. Геодезия и аэрофотосъемка. – 2007. – № 1. – С. 154–162.
5. Никитин А. В. Оптимальные методы построения инфраструктуры геопространственных данных для транспортных коридоров : монография. – Хабаровск : Изд-во ДВГУПС, 2015. – 159 с.
6. Карпик А. П. Методологические и технологические основы геоинформационного обеспечения территории : монография. – Новосибирск : СГГА, 2004. – 260 с.
7. План поэтапного внедрения технологий информационного моделирования в области промышленного и гражданского строительства и проектирования : приказ министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации от 29.12.2014 г. № 926 / пр. – 3 с. [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://www.minstroyrf.ru/upload/iblock/383/prikaz-926pr.pdf>.
8. Никитин А. В. Повышение точности измерения трассы // Мир транспорта. – 2006. – № 1. – С. 22–24.

9. Карпик А. П., Никитин А. В. Теория моделирования пространственной длины трассы // Интерэкспо ГЕО-Сибирь-2013. IX Междунар. науч. конгр. : Междунар. науч. конф. «Геодезия, геоинформатика, картография, маркшейдерия» : сб. материалов в 3 т. (Новосибирск, 15–26 апреля 2013 г.). – Новосибирск : СГГА, 2013. Т. 1. – С. 49–53.
10. Никитин А. В. Определение фактической площади земельных участков // Геодезия и картография. – № 1. – 2005. – С. 37–39.
11. Никитин А. В. Повышение точности гидрологических расчетов для малых водопропускных сооружений // Соискатель. Прил. к журн. Мир транспорта. – 2005. – № 2. – С. 105–109.
12. Карпик А. П., Мурзинцев П. П., Падве В. А. Прикладная геодезия. Геодезическое обеспечение изысканий, строительства и мониторинга мостовых сооружений : учеб. пособие. – Новосибирск : СГУГиТ, 2015. – 222 с.
13. Никитин А. В. Способ контроля монтажа цилиндрических оболочек при возведении опор железнодорожных мостов // Проблемы развития региональной сети железных дорог : сб. науч. тр. – Хабаровск : Изд-во ДВГУПС, 2003. – С. 177–185.
14. Никитин А. В. Способ определения крена сооружений цилиндрической формы // Геодезия и картография. – 2002. – № 7. – С. 15–17.
15. Карпик А. П., Никитин А. В., Едигарян А. Р. Технология обеспечения геопространственными данными инфраструктуры транспортных коридоров // Интерэкспо ГЕО-Сибирь-2012. VIII Междунар. науч. конгр. : Междунар. науч. конф. «Геодезия, геоинформатика, картография, маркшейдерия» : сб. материалов в 3 т. (Новосибирск, 10–20 апреля 2012 г.). – Новосибирск : СГГА, 2012. Т. 1. – С. 7–18.
16. Никитин А. В. Оперативное определение радиусов кривых на автомобильных дорогах // Геодезия и картография. – № 11. – 2010. – С. 8–9.
17. Никитин А. В. Инженерно-геодезическая съемка на станциях // Мир транспорта. – 2011. – № 3. – С. 46–49.

Получено 29.08.2016

© А. П. Карпик, А. В. Никитин, 2016

## INFORMATION SYSTEM BUILD GEOSPATIAL DATA INFRASTRUCTURE FOR ROADS AND RAILWAYS

### *Alexander P. Karpik*

Siberian State University of Geosystems and Technologies, 630108, Russia, Novosibirsk, 10 Plakhotnogo St., D. Sc., Professor, Rector, tel. (383)343-39-37, e-mail: rector@ssga.ru

### *Andrei V. Nikitin*

Far Eastern State Transport University (FESTU), 680021, Russia, Khabarovsk, 47 Serysheva St., Russia, Associate Professor, Department of Survey and Design of Railways and Roads, tel. (4212)40-76-08, e-mail: avnik1961@mail.ru

In the article information system in building a geospatial data infrastructure for roads and railways, includes the following components: roads, bridges, railways, publishing, and software. The proposed optimal ways of obtaining geospatial data for determining the spatial length of the route, the catchment area control the spatial position of the bridges which can be used in information modeling BIM. The efficiency of the method of determining the length of the route in the design of roads to improve the accuracy of geodetic measurements. In on-line mode, it is possible to determine the actual land area of the watershed and to obtain information to control the spatial position of the

bridges. The reliability of the information system is ensured by references to sources of information through hyperlinks to literature and data, published by authors in scientific articles and patents.

**Key words:** information system, roads, railways, system of knowledge, the spatial length of the route, the catchment area.

## REFERENCES

1. *Informacionnaya sistema [Information system]*. (n. d.). Retrieved from <https://ru.wikipedia.org/wiki/> [in Russian].
2. Skvortsov, A. V., & Sarychev, D. S. (2015). The Life cycle of the project roads in the context of information modeling. *SAPR i GIS avtomobilnyh dorog [CAD and GIS Highways]*, 1(4), 4–14 [in Russian].
3. Sumenko, L. G. (2003). *Anglo-russkij slovar po informacionnym tekhnologiyam. [English-russian dictionary on information technology]*. Moscow: GP CNIIS [in Russian].
4. Horoshilov, V. S. (2007). Methodology for implementing information systems Geodesical works during installation of technological equipment. *Izvestiya vuzov. Geodeziya i aefrofo-tosemka. [Izvestia vuzov. Geodesy and Aerophotography]*, 1, 154–162 [in Russian].
5. Nikitin, A. V. (2015). *Optimalnye metody postroeniya infrastruktury geoprostranstvennyh dannyh dlya transportnyh koridorov [Optimal methods of constructing a geospatial data infrastructure for transport corridors]*. Habarovsk: DVGUPS [in Russian].
6. Karpik, A. P. (2004). *Metodologicheskie i tekhnologicheskie osnovy geoinformacionnogo obespecheniya territorii [Methodological and technological foundations of GIS software territory]*. Novosibirsk: SSGA [in Russian].
7. Order of Ministry of Construction and Housing Utilities of the Russian Federation of 29 December 2014, No 926. *Plan poetapnogo vnedreniya tekhnologiy informatsionnogo modelirovaniya v oblasti promyshlennogo i grazhdanskogo stroitel'stva i proektirovaniya [Plan for the phased implementation of building information modeling in the field of industrial and civil construction and design]*. Retrieved from <http://www.minstroyrf.ru/upload/iblock383/prikaz-926pr.pdf>. [in Russian].
8. Nikitin, A. V. (2006). Improving the accuracy of measurement of the alignment. *Mir transporta [World of Transport]*, 1, 22–24 [in Russian].
9. Karpik, A. P., & Nikitin, A. V. (2013). The Theory of modeling spatial alignment length. *Sbornik materialov Interekspo GEO-Sibir'-2013: Mezhdunarodnoy nauchnoy konferentsii: T. 1. Geodeziya, geoinformatika, kartografiya, markshejderiya [Proceedings of Interexpo GEO-Siberia-2013: International Scientific Conference: Vol. 1. Geodesy, Geoinformatics, Cartography, Mine Surveying]* (pp. 49–53). Novosibirsk: SSUGT [in Russian].
10. Nikitin, A. V. (2005). Determination of the actual area of land. *Geodeziya i kartografiya. [Geodesy and Cartography]*, 1, 37–39 [in Russian].
11. Nikitin, A. V. (2005). Improving the accuracy of hydrological calculations for small culverts *Soiskatel. Pril. k zhurn. Mir transporta [The Applicant. ADJ. to Sib. The world of Transport]*, 2, 105–109 [in Russian].
12. Karpik, A. P., Murzincev, P. P., & Padve, V. A. (2015). *Prikladnaya geodeziya. Geodezicheskoe obespechenie izyskanij, stroitelstva i monitoringa mostovyh sooruzhenij [In Applied geodesy. Geodetic support survey, construction and monitoring of bridges]*. Novosibirsk: SSUGT [in Russian].
13. Nikitin, A. V. (2003). The Method of control of installation of cylindrical shells under the piers of railway bridges. *Sbornik nauchnykh trudov: Problemy razvitiya regional'noj seti zheleznih dorog [Proceedings of Problems of Development of Regional Railway Network]* (pp. 177–185). Khabarovsk: DVGUPS [in Russian].



14. Nikitin, A. V. (2002). Method of determination of the roll structures of cylindrical form. *Geodeziya i kartografiya [Geodesy and Cartography]*, 7, 15–17 [in Russian].

15. Karpik, A. P., Nikitin, A. V., & Edigaryan, A. R. (2015). Technology to ensure geopetro-governmental data infrastructure of transport corridors. *Sbornik materialov Interekspo GEO-Sibir'-2015: Mezhdunarodnoy nauchnoy konferentsii: T. 1. Geodeziya, geoinformatika, kartografiya, markshejderiya [Proceedings of Interexpo GEO-Siberia-2015: International Scientific Conference: Vol. 1. Geodesy, Geoinformatics, Cartography, Mine Surveying]* (pp. 7–18). Novosibirsk: SSUGT [in Russian].

16. Nikitin, A. V. (2010). The Operational definition of the radiuc of curves on the roads. *Geodeziya i kartografiya [Geodesy and Cartography]*, 11, 8–9 [in Russian].

17. Nikitin, A. V. (2011). Engineering and geodetic survey at stations. *Mir transporta [World of Transport]*, 3, 46–49 [in Russian].

Received 29.08.2016

© A. P. Karpik, A. V. Nikitin, 2016