

УДК 528.28

DOI: 10.33764/2411-1759-2021-26-2-155-163

## ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ ИНФОРМАЦИОННЫЕ МОДЕЛИ ТЕРРИТОРИЙ КАК ЭФФЕКТИВНЫЙ ИНСТРУМЕНТ ПРОСТРАНСТВЕННОГО И ЭКОНОМИЧЕСКОГО РАЗВИТИЯ

*Александр Петрович Карник*

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

*Игорь Александрович Мусихин*

Сибирский государственный университет геосистем и технологий, 630108, Россия, г. Новосибирск, ул. Плахотного, 10, кандидат педагогических наук, проректор по международной и инновационной деятельности, тел. (383)343-25-39, e-mail: i.a.musikhin\_vr@ssga.ru

*Дмитрий Николаевич Ветошкин*

Сибирский государственный университет геосистем и технологий, 630108, Россия, г. Новосибирск, ул. Плахотного, 10, магистр наук, советник при ректорате, тел. (923)117-06-10, e-mail: dmitry.vetoshkin@gmail.com

Потребности сбалансированного и устойчивого развития российской экономики требуют проведения исследований в области взаимосвязи пространственных изменений отдаленных регионов и стратегий их социально-экономического роста. Взаимосвязь пространственного развития территории со стратегическим планированием экономики проявляется во включении в структуру разрабатываемых региональных стратегий социально-экономического роста инновационных блоков управления, основанных на интеллектуальных информационных метрических моделях территорий. В статье изложены основные результаты теоретических и экспериментальных исследований, направленных на разработку методики создания интеллектуальной информационной модели территории и ее апробации на примере одного из жилых комплексов г. Новосибирска. Приведен ряд технологических решений, благодаря которым создаваемые интеллектуальные модели территорий позволят осуществить качественный прорыв в устойчивом пространственном выравнивании и экономическом развитии отдаленных субъектов Российской Федерации.

**Ключевые слова:** информационная модель территории, интеллектуальная информационная модель, пространственное развитие, экономическое развитие, эффективность управленческих решений, методика создания информационной модели, экономический эффект

### *Введение*

Современное научное представление о регионе (макрорегионе) основывается на его восприятии как сложной территориальной системы, где каждый компонент (природная среда, земельные и природные ресурсы, население, субъекты хозяйственной деятельности, объекты инфраструктуры и пр.) тесно связан с другими. Не подлежит сомнению то, что в числе объективных факторов, определяющих эффективность системы регионального пространственного и экономического развития и управления, на первом месте стоит качество информационного обеспечения. В условиях реализации программ устойчивого

пространственного и экономического развития страны важное значение приобретает интеграция различных информационных ресурсов, мониторинг их состояния, наличие возможности выполнения автоматизированного анализа и прогнозирования развития всевозможных процессов.

К сожалению, многие из существующих информационных моделей регионального пространственного развития не отвечают ни требованиям времени, ни запросам общества и нуждаются в совершенствовании.

Исходя из того, что в большинстве случаев системы регионального развития включают в себя полиформизм систем муниципального развития, которые легче в понимании и описа-

нии, в статье будут приведены результаты исследования новаторских подходов к системному пространственному развитию муниципальных образований, которые, при желании, будет несложно модифицировать под условия определенного региона. Целью настоящей работы является представление усовершенствованной модели информационной системы муниципального образования (сбор, организация и представление пространственной информации), интегрирующей различные информационные ресурсы и открытые информационные источники на единой пространственной платформе, что значительно повышает эффективность принятия управляющих решений пространственного и экономического развития территорий.

### **Материалы и методы**

В ходе выполнения исследований были проанализированы материалы научных публикаций и отчетов, посвященных вопросам пространственного развития городов [1–14].

На основе полученных результатов были сформулированы задачи, решение которых позволило достигнуть цели исследования – разработка методики создания интеллектуальной информационной модели территории, обеспечивающей интеграцию государственных, муниципальных и негосударственных информационных ресурсов, систем мониторинга, анализа, моделирования и прогнозирования.

Для решения поставленных задач использовались методы геодезии, дистанционного зондирования, геоинформатики, фотограмметрии, землеустройства и кадастра, математической логики, системного анализа и инженерии. Эмпирической базой исследования послужили материалы НИОКР СГУГиТ в области геоинформатики, территориального планирования, информационного моделирования и пространственного развития территорий.

Пространственная объектная модель территории жилого массива «Восточный» построена по материалам фотограмметрической обработки аэрофотоснимков: ЦМР, цифровой ортофотоплан и трехмерная метрическая фотореалистичная модель территории, полученным с помощью БПЛА Supercam S350

и Phantom 4. Точность созданной модели обеспечивалась сетью базовых ГНСС-станций, бортовым оборудованием БПЛА и 10 пунктами планово-высотного обоснования. Созданная информационная модель размещена на AutoDesk Infracore 360, взятой за прототип 3D-платформы «Умный город».

Классификация зданий, объектов улично-дорожной сети, транспортной инфраструктуры и наземных коммуникаций выполнена на основе материалов аэрофотосъемки, дежурного адресного и топоплана масштаба 1: 500, открытых геоинформационных ресурсов OpenStreetMap и 2ГИС. Подземные объекты классифицированы по дежурному топографическому плану масштаба 1 : 500 и сведениям городской информационной системы обеспечения градостроительной деятельности г. Новосибирска.

Трехмерное моделирование объектов ситуации выполнено с помощью ПО Bentley Systems (Microstation) и Autodesk (Revit, Maya, Civil 3D, Autodesk Infracore 360). В качестве банка готовых моделей типовых малых архитектурных форм использовалась библиотека SketchUp. Жилые дома представлены упрощенными BIM-моделями.

Информационная модель создана на основе семантических данных внешних информационных ресурсов ФГИС «ЕГРН», ИСОГД, 2ГИС и OSM.

### **Результаты**

В результате сравнительного анализа существующих систем информационного обеспечения в области планирования и управления пространственным развитием [6–20] выявлены их основные недостатки. В частности, установлено, что ключевой брешью применяемых подходов к информационному обеспечению является то, что они не реализуют и не поддерживают механизмы, отражающие основную природу городов как территориальных систем, не учитывают тесной взаимосвязи и взаимозависимости их компонентов и не позволяют моделировать и анализировать влияние того или иного управляющего решения на состояние компонентов территориальной системы. Доказано, что традиционные подходы не способны обеспечить ком-

плексного решения задач системного развития городских территорий и их агломераций.

В качестве решения обозначенной проблемы предложено использовать интеллектуальные информационные модели территорий. На основе выдвинутого предложения разрабо-

тана и успешно апробирована (жилой массив «Восточный», г. Новосибирск, площадь 16 км<sup>2</sup>) методика усовершенствованной интеллектуальной информационной модели территории, а также взаимодействие созданной модели с внешними пользователями (рис. 1).

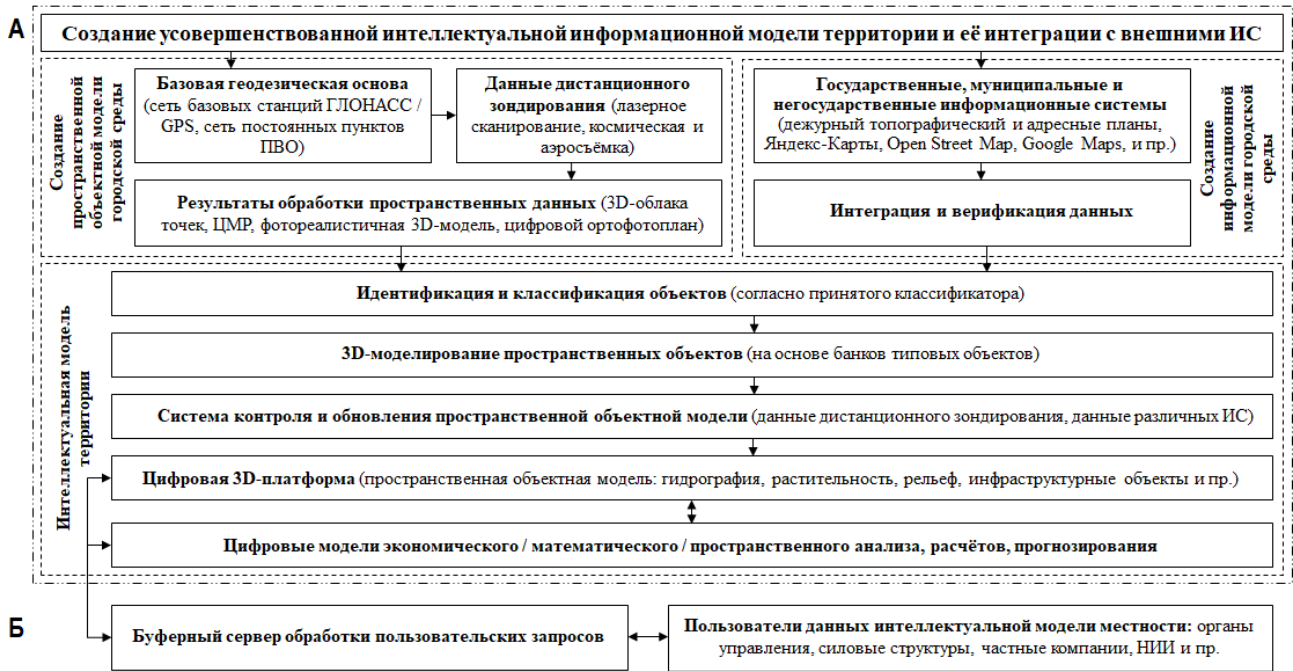


Рис. 1. Методика создания усовершенствованной интеллектуальной информационной модели территории – А; организация обмена данными между интеллектуальной моделью территории и пользователями – Б

Интеллектуальную информационную метрическую модель изучаемой территории, разработанную согласно предложенной методике, на момент времени  $t1$  можно представить с помощью элементов математической логики:

$$SIM_{t1} = MM_{sim}^{t1} \cap IS_{sim}^{t1}, \quad (1)$$

где  $MM_{sim}^{t1}$  – объектовая метрическая модель изучаемой территории;  $IS_{sim}^{t1}$  – информационная система, описывающая объекты (и их отношения),

$$MM_{sim}^{t1} \subset MM_n^{*t1}; \quad (2)$$

$$MM_n^{*t1} = \{mm_i \in MM_n^{t1} | mm_i \equiv E_{xyz}\}; \quad (3)$$

$$MM_n^{t1} = \{mm_1, mm_2, \dots, mm_n\}^{t1}, \quad (4)$$

здесь  $mm_i$  – метрические объектные модели, полученные различными геодезическими методами на момент времени  $t1$  и удовлетворяющие требованиям к точности определения координат объектов  $E_{xyz}$  в создаваемой метрической модели территории  $MM_{sim}^{t1}$ .

В формулах (6), (7)  $is_j$  – государственные, муниципальные и негосударственные информационные системы, актуальные на момент времени  $t1$  и удовлетворяющие требованиям к описанию семантической и атрибутивной частей  $\sigma_{sim}$  в создаваемой информационной системе  $IS_{sim}^{t1}$

$$IS_{sim}^{t1} \subset IS_k^{*t1}; \quad (5)$$

$$IS_k^{*t1} = \{is_j \in IS_k^{t1} | is_j \propto \sigma_{sim}\}; \quad (6)$$

$$IS_k^{t1} = \{is_1, is_2, \dots, is_k\}^{t1}. \quad (7)$$

Согласно (1) любую традиционную информационную метрическую модель изучаемой территории на момент времени  $t1$  можно представить следующим образом:

$$IM_{t1} = MM_{sim}^{t1} \cup IS_{sim}^{t1}. \quad (8)$$

Ее основное отличие от интеллектуальной информационной метрической модели SIM (Smart information model) продемонстрировано на рис. 2.

Обновление моделей  $SIM_{t1}$  (1) и  $IM_{t1}$  (8) на момент времени  $t2$  описывается следующими выражениями:

$$SIM_{t2} = SIM_{t1} \cup \{MM_{sim}^{t2} \cap IS_{sim}^{t2}\}; \quad (9)$$

$$IM_{t2} = IM_{t1} \cup \{MM_{sim}^{t2} \cup IS_{sim}^{t2}\}. \quad (10)$$

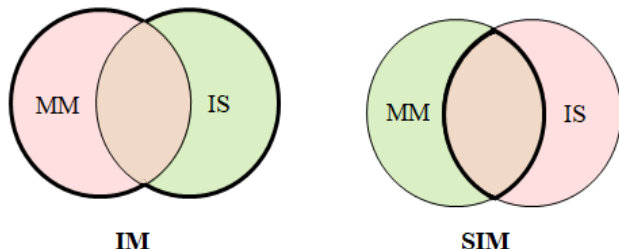


Рис. 2. Отличие информационной метрической модели (IM) территории от интеллектуальной информационной метрической модели (SIM) территории

Полученные в ходе выполненных исследований результаты позволили сделать выводы о том, что в интеллектуальных системах информационного обеспечения необходимо учитывать возможности современных технологий сбора, обработки, анализа и представления пространственных данных, а именно:

– расширение инструментов и методов сбора и обработки данных за счет «нейронных сетей», «больших данных», «блокчейн» и пр.;

– переход от двухмерного (2D) описания и представления данных к 3D и 4D (3D + время) описанию с применением BIM-систем и VR/AR-технологий;

– доступ к технологиям и материалам дистанционного зондирования Земли, включая космическую и аэрофотосъемку с использованием беспилотных летательных аппаратов.

Разработанная в результате теоретических и практических исследований интеллектуальная информационная модель жилого массива «Восточный», в комбинации с системами анализа, моделирования и прогнозирования, позволила автоматизировать процессы расчета значений комфортности городской среды, нагрузки на дорожную сеть, инженерно-коммунальной и социальной инфраструктурной обеспеченности территории, в случае возведения на ней жилого массива.

Интеграция полученной интеллектуальной информационной модели территории с активными системами мониторинга осуществлена с помощью интернет-сервиса «Транспорт на карте» (maps.nskgortrans.ru), что позволило отобразить и учесть в расчетах все действующие единицы общественного городского транспорта в режиме реального времени. Апробация инструментов анализа, моделирования и прогнозирования нагрузки на улично-дорожную сеть и транспортную инфраструктуру выполнена с использованием ПО Roadway Design Autodesk InfraWorks 360.

В ходе апробации разработанной методики моделирование и все расчеты выполнялись посредством интеграции созданной модели с такими системами анализа и моделирования, как PTV VISION, GeoIntellect, Traffic Simulation Autodesk InfraWorks и др. Результаты анализа и прогнозного моделирования позволили дать объективную оценку степени эффективности различных управленческих решений пространственного развития анализируемого района города еще на этапе их разработки и согласования.

Расчеты экономического эффекта (экономической отдачи) от использования интеллектуальной информационной модели урбанизированной территории (г. Новосибирск) показали, что создание 1 км<sup>2</sup> модели требует 146,5 тыс. руб. вложений, тогда как потенци-

альный ежегодный доход городского бюджета за счет организованных на ее основе пространственных сервисов и пакетных решений может достигать 21 млн руб. с 1 км<sup>2</sup>.

На основании сравнительных расчетов, выполненных для различных населенных пунктов Новосибирской области с численностью населения от 5,4 тыс. чел. (р. п. Чистоозерное) до 1 621,8 тыс. чел. (г. Новосибирск), эмпирически была выведена формула для вычисления величины максимального дохода, который можно получить благодаря использованию интеллектуальной информационной модели для выработки пакетных реше-

ний и работе пространственных сервисов, созданных на ее основе

$$TR_{1max} = k \cdot \frac{P_1 \cdot \text{РВП}}{N_p}, \quad (11)$$

где  $k$  – эмпирически рассчитанный коэффициент развитости внутреннего рынка исследуемой территории (населенный пункт, район, регион) – таблица;  $P_1$  – плотность населения анализируемой территории; РВП – региональный валовый продукт,  $N_p$  – население региона, в который входит анализируемая территория.

Таблица

Коэффициент развитости внутреннего рынка урбанизированной территории

Численность населения, чел.	$k$	Численность населения, чел.	$k$
1 000 – 5 000	1	400 001 – 600 000	11
5 001 – 10 000	2	600 001 – 800 000	12
10 001 – 25 000	3	800 001 – 1 000 000	13
25 001 – 50 000	4	1 000 001 – 2 000 000	14
50 001 – 100 000	5	более 2 000 001	15

### Заключение

Проведенные аналитические исследования показали малую эффективность действующих систем информационного обеспечения экономического и пространственного развития территорий ввиду недостаточного качества используемых информационных ресурсов, их слабой интегрированности, отсутствия современных инструментов сбора, обработки, представления, анализа данных и прогнозного моделирования.

Результаты выполненных теоретических и экспериментальных исследований позволили разработать действенную методику создания усовершенствованной интеллектуальной информационной модели урбанизированной территории и апробировать реализованную на ее основе модель на примере жилого массива «Восточный». Разработанная интеллектуальная информационная модель соответствует современным требованиям цифровой

экономики и запросам общества на качественные средства пространственного выравнивания и экономического развития отдаленных сырьевых регионов Российской Федерации.

Результаты исследований могут быть масштабированы на территорию крупных агломераций, регионов и макрорегионов, использованы органами государственной власти и местного самоуправления при подготовке и реализации мероприятий, направленных на повышение эффективности системы управления пространственным и экономическим развитием как отдельных территорий, так и их кластеров. Внедрение полученных результатов в практическую плоскость позволит не только оптимизировать и сократить расходы на выработку управленческих решений, но и ускорить их реализацию, а также увеличить финансовую отдачу за счет развития на базе созданной интеллектуальной информационной модели пакетных решений и сервисов пространственного анализа и развития.

Статья подготовлена в рамках выполнения гранта, предоставленного в форме субсидии на проведение крупных научных проектов по приоритетным направлениям научно-технологического развития в рамках подпрограммы «Фундаментальные научные исследования для долгосрочного развития и обеспечения конкурентоспособности общества и государства» государственной программы Российской Федерации «Научно-технологическое развитие Российской Федерации», проект «Социально-экономическое развитие Азиатской России на основе синергии транспортной доступности, системных знаний о природно-ресурсном потенциале, расширяющегося пространства межрегиональных взаимодействий», номер соглашения с Министерством науки и высшего образования Российской Федерации № 075-15-2020-804 (внутренний номер гранта № 13.1902.21.0016).

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Albino V., Berardi U., Dangelico R. M. Smart Cities: Definitions, Dimensions, Performance, and Initiatives // Journal of Urban Technology. – 2015. – Vol. 22(1). – P. 3–21. doi: <https://doi.org/10.1080/10630732.2014.942092>.
2. Martin C., Kamara O., Berzosa I., Badiola J. L. Smart GIS platform that facilitates the digitalization of the integrated urban drainage system [Electronic resource] // Environmental Modelling & Software. – 2020. – Vol. 123, – P. 104568. – Mode of access: <https://doi.org/10.1016/j.envsoft.2019.104568>.
3. Indrajit A., Ploeger H., Van Loenen B., Van Oosterom P. Designing Open Spatial Information Infrastructure to Support 3D Urban Planning in Jakarta Smart City [Electronic resource]. – Mode of access: [http://www.gdmc.nl/3DCadastres/literature/3Dcad\\_2018\\_18.pdf](http://www.gdmc.nl/3DCadastres/literature/3Dcad_2018_18.pdf).
4. Cugurullo F. Frankenstein Urbanism. Eco, Smart and Autonomous Cities, Artificial Intelligence and the End of the City [Electronic resource]. – 1st ed. – London, Routledge, 2021. – 228 p. – Mode of access: <https://doi.org/10.4324/9781315652627>.
5. Gureev P. M., Dunenkova H. N., Onishchenko S. I. Smart Technologies of the «Smart City» [Electronic resource] // Popkova E. G., Sergi B. S. (Eds). «Smart Technologies» for Society, State and Economy. ISC 2020. Lecture Notes in Networks and Systems. Vol 155. – Springer, Cham, 2021. – Mode of access: [https://doi.org/10.1007/978-3-030-59126-7\\_116](https://doi.org/10.1007/978-3-030-59126-7_116).
6. ITU-T Focus Group on Smart Sustainable Cities Smart sustainable cities: An analysis of definitions [Electronic resource]. – Mode of access: [https://www.itu.int/en/ITU-T/focusgroups/ssc/Documents/Approved\\_Deliverables/TR-Definitions.docx](https://www.itu.int/en/ITU-T/focusgroups/ssc/Documents/Approved_Deliverables/TR-Definitions.docx).
7. Ningrum T. Smart City: The main assist factor for smart cities [Electronic resource] // International Journal of Innovation in Enterprise System. – 2021. – Vol. 5 (01). – P. 46–54. – Mode of access: <https://doi.org/https://doi.org/10.25124/ijies.v5i01.109>.
8. Mohanty R., Kumar B. P. 7 – Urbanization and smart cities. Solving Urban Infrastructure Problems Using Smart City Technologies [Electronic resource]. – Elsevier, 2021. – P. 143–158. – Mode of access: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-816816-5.00007-3>.
9. Volker B. Services Smart cities. Digital technologies make smart cities more liveable, sustainable and prosperous [Electronic resource]. – Mode of access: <https://www.arup.com/expertise/services/planning/smart-cities>.
10. Базовые и дополнительные требования к умным городам (стандарт «Умный город») [Электронный ресурс] / Минстрой России. – Режим доступа: <https://minstroyrf.gov.ru/upload/iblock/74f/Standart.pdf>.
11. Волков С. А. Цифровой двойник города: основа для эффективного управления современным городом [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [https://www.youtube.com/watch?v=X2DJORhpi\\_Q](https://www.youtube.com/watch?v=X2DJORhpi_Q).
12. Новиков А. Альтернативные метрики городского развития: Большие данные для больших городов [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.youtube.com/watch?v=cpaEyUsYFPA&t=4704s> (дата обращения: 02.06.2020).
13. Отчет «Умный город». Ключевые направления, лучшие зарубежные и российские практики, рынок умных городов. – М.: ФРИИ и НИИТС, 2017. – 56 с.
14. Прохоров А., Лысачев М. Цифровой двойник. Анализ, тренды, мировой опыт. / Александр Прохоров. – Изд. первое, исправленное и дополненное. – М.: ООО «АльянсПринт», 2020. – 401 с., ил.

15. Giovanni M. Á. A Contribution to Urban Transport System Analyses and Planning in Developing Countries [Electronic resource]. – Mode of access : [https://www.researchgate.net/publication/221908822\\_A\\_Contribution\\_to\\_Urban\\_Transport\\_System\\_Analyses\\_and\\_Planning\\_in\\_Developing\\_Countries](https://www.researchgate.net/publication/221908822_A_Contribution_to_Urban_Transport_System_Analyses_and_Planning_in_Developing_Countries).

16. Аврунев Е. И., Карпик А. П., Мелкий В. А. Принципы формирования единого геопространства территорий // Проблемы геологии и освоения недр. Труды XXIII Международного симпозиума им. академика М. А. Усова студентов и молодых ученых, посвященного 120-летию со дня рождения академика К. И. Сатпаева, 120-летию со дня рождения профессора К. В. Радугина. В 2-х томах. Т. 1 / Томский политехнический университет. – Томск : Изд-во Томского политехнического университета, 2019. – С. 428–429.

17. Ахметов А. ТИМ в инфраструктурных проектах и градостроительной деятельности [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [https://www.youtube.com/watch?v=\\_q36a6Q6O5A](https://www.youtube.com/watch?v=_q36a6Q6O5A).

18. Интеграция BIM и ГИС [Электронный ресурс] / Autodesk. – Режим доступа: <https://www.autodesk.ru/solutions/bim/explore-civil-infrastructure/bim-gis-ebook>.

19. Карпик А. П., Ветошкин Д. Н., Горобцов С. Р. Интеграция информационных систем государственного кадастра недвижимости, муниципальных информационных систем обеспечения градостроительной деятельности и информационных ресурсов федеральной налоговой службы в целях повышения собираемости земельных платежей // Изв. вузов. Геодезия и аэрофотосъемка. – 2015. – № 5/С. – С. 142–149.

20. Карпик А. П., Ветошкин Д. Н., Архипенко О. П. Применение сведений государственного кадастра недвижимости для решения задач территориального планирования // Изв. вузов. Геодезия и аэрофотосъемка. – 2013. – № 6. – С. 112–117.

Получено 11.03.2021

© А. П. Карпик, И. А. Мусихин, Д. Н. Ветошкин, 2021

## SMART INFORMATION MODELS AS AN EFFECTIVE TOOL OF REGIONAL SPATIAL AND ECONOMIC DEVELOPMENT

*Alexander P. Karpik*

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

*Igor A. Musikhin*

Siberian State University of Geosystems and Technologies, 10, Plakhotnogo St., Novosibirsk, 630108, Russia, Ph.D., Vice-rector for International and Innovation Activities, phone: (383)343-25-39, e-mail: [i.a.musikhin\\_vr@ssga.ru](mailto:i.a.musikhin_vr@ssga.ru)

*Dmitry N. Vetoshkin*

Siberian State University of Geosystems and Technologies, 10, Plakhotnogo St., Novosibirsk, 630108, Russia, Master of Sc., Advisor to the Rectory, phone: (923)117-06-10, e-mail: [dmitry.vetoshkin@gmail.com](mailto:dmitry.vetoshkin@gmail.com)

The need for balanced and sustainable development of the Russian economy requires carrying out a research on the interrelationship of spatial changes in remote regions and their socio-economic growth strategies. The relationship between the spatial development of the territory and the strategic planning of the economy is shown in current regional strategies aimed at socio-economic growth of innovative management blocks based on smart information models of spatial development. The results of theoretical and experimental studies devoted to the development of a methodology for building a smart information model of the territory as well as its testing on one of the residential complexes in Novosibirsk are presented. The main technological solutions applied in the built model that proved it possible to make a breakthrough in the sustainable spatial alignment and economic development of remote regions are given.

**Keywords:** regional information model, smart information model, spatial development, economic development, efficiency of management decisions, methodology of information model building, economic effect

REFERENCES

1. Albino, V., Berardi, U., & Dangelico, R. M. (2015). Smart Cities: Definitions, Dimensions, Performance, and Initiatives. *Journal of Urban Technology*, 22(1), 3–21. Retrieved from <https://doi.org/10.1080/10630732.2014.942092>.
2. Martin, C., Kamara, O., Berzosa, I., & Badiola, J. L. (2020). Smart GIS platform that facilitates the digitalization of the integrated urban drainage system. *Environmental Modelling & Software*, 123, 104568. Retrieved from <https://doi.org/10.1016/j.envsoft.2019.104568>.
3. Indrajit, A., Ploeger, H., Van Loenen, B., & Van Oosterom, P. (n. d.). Designing Open Spatial Information Infrastructure to Support 3D Urban Planning in Jakarta Smart City. Retrieved from [http://www.gdmc.nl/3DCadastres/literature/3Dcad\\_2018\\_18.pdf](http://www.gdmc.nl/3DCadastres/literature/3Dcad_2018_18.pdf).
4. Cugurullo, F. (2021). *Frankenstein Urbanism. Eco, Smart and Autonomous Cities, Artificial Intelligence and the End of the City* (1st ed.). London, Routledge, 228 p. Retrieved from <https://doi.org/10.4324/9781315652627>.
5. Gureev, P. M., Dunenkova, H. N., & Onishchenko, S. I. (2021). Smart Technologies of the "Smart City". In Popkova E. G., & Sergi B. S. (Eds.), *"Smart Technologies" for Society, State and Economy. ISC 2020. Lecture Notes in Networks and Systems: Vol 155*. Springer, Cham. Retrieved from [https://doi.org/10.1007/978-3-030-59126-7\\_116](https://doi.org/10.1007/978-3-030-59126-7_116).
6. ITU-T Focus Group on Smart Sustainable Cities Smart sustainable cities: An analysis of definitions. (n. d.). Retrieved from [https://www.itu.int/en/ITU-T/focusgroups/ssc/Documents/Approved\\_Deliverables/TR-Definitions.docx](https://www.itu.int/en/ITU-T/focusgroups/ssc/Documents/Approved_Deliverables/TR-Definitions.docx).
7. Ningrum, T. (2021). Smart City: The main assist factor for smart cities. *International Journal of Innovation in Enterprise System*, 5(01), 46–54. Retrieved from <https://doi.org/https://doi.org/10.25124/ijies.v5i01.109>.
8. Mohanty, R., & Kumar, B. P. (2021). 7 – *Urbanization and smart cities. Solving Urban Infrastructure Problems Using Smart City Technologies* (pp. 143–158). Elsevier. Retrieved from <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-816816-5.00007-3>.
9. Volker, B. (n. d.). Services Smart cities. Digital technologies make smart cities more liveable, sustainable and prosperous. Retrieved from <https://www.arup.com/expertise/services/planning/smart-cities>.
10. Basic and additional requirements for smart cities (Smart City standard). (n. d.). Retrieved from <https://minstroyrf.gov.ru/upload/iblock/74f/Standart.pdf> [in Russian].
11. Volkov, S. A. (n. d.). Digital twin of the city: the basis for effective management of a modern city. Retrieved from [https://www.youtube.com/watch?v=X2DJORhpi\\_Q](https://www.youtube.com/watch?v=X2DJORhpi_Q) [in Russian].
12. Novikov, A. (n. d.). Alternative metrics of urban development: Big data for big cities. Retrieved from <https://www.youtube.com/watch?v=cpaEyUsYFPA&t=4704s> (accessed 02.06.2020) [in Russian].
13. *Otchet «Umnyy gorod». Klyuchevye napravleniya, luchshie zarubezhnye i rossiyskie praktiki, rynek umnykh gorodov [Report "Smart City". Key areas, best foreign and Russian practices, smart cities market]*. (2017). Moscow: FRII and NIITS Publ., 56 p. [in Russian].
14. Prokhorov, A. & Lysachev, M. (2020). *Tsifrovoy dvoynik. Analiz, trendy, mirovoy opyt [Digital twin. Analysis, trends, world experience]* (1st ed.). Moscow: OOO AlliancePrint Publ., 401 p. [in Russian].
15. Giovanni, M. Á. (n. d.). A Contribution to Urban Transport System Analyses and Planning in Developing Countries. Retrieved from [https://www.researchgate.net/publication/221908822\\_A\\_Contribution\\_to\\_Urban\\_Transport\\_System\\_Analyses\\_and\\_Planning\\_in\\_Developing\\_Countries](https://www.researchgate.net/publication/221908822_A_Contribution_to_Urban_Transport_System_Analyses_and_Planning_in_Developing_Countries).
16. Avrunev, E. I. Karpik, A. P., & Melkiy, V. A. (2019). Principles of formation of a single geospace of territories. In *Sbornik trudov XXIII Mezhdunarodnogo simpoziuma im. akademika M. A. Usova studentov i molodykh uchenykh, posvyashchennogo 120-letiyu so dnya rozhdeniya akademika K. I. Satpaeva, 120-letiyu so dnya rozhdeniya professora K. V. Radugina: Problemy geologii i osvoeniya neдр [Proceedings of the XXIII International Symposium named after Academician M. A. Usov, Students and Young Scientists, dedicated to the 120th Anniversary of the Birth of Academician K. I. Satpayev, the 120th Anniversary of the Birth of Professor K. V. Radugin: Vol. 1. Problems of Geology and Development of Mineral Resources]* (pp. 428–429). Tomsk: Tomsk Polytechnic University Publ. [in Russian].
17. Akhmetov, A. (n. d.). TIM in infrastructure projects and urban planning activities. Retrieved from [https://www.youtube.com/watch?v=\\_q36a6Q6O5A](https://www.youtube.com/watch?v=_q36a6Q6O5A) [in Russian].
18. Integration of BIM and GIS. (n. d.). Autodesk. Retrieved from <https://www.autodesk.ru/solutions/bim/explore-civil-infrastructure/bim-gis-ebook> [in Russian].



19. Karpik, A. P., Vetoshkin, D. N., & Gorobtsov, S. R. (2015). Integration of information systems of state property cadastre, municipal information systems of city-planning provision and information resources of federal tax service in order to increase the land payment collection rate. *Izvestiya vuzov. Geodeziya i aerofotos'emka [Izvestiya vuzov. Geodesy and Aerophotography]*, 5/S, 142–149 [in Russian].

20. Karpik, A. P., Vetoshkin, D. N., & Archipenko, O. P. (2013). Application of information from the state real estate cadastre for solving problems of territorial planning. *Izvestiya vuzov. Geodeziya i aerofotos'emka [Izvestiya vuzov. Geodesy and Aerophotography]*, 6, 112–117 [in Russian].

Received 11.03.2021

© A. P. Karpik, I. A. Musikhin, D. N. Vetoshkin, 2021