

ЗЕМЛЕУСТРОЙСТВО, КАДАСТР И МОНИТОРИНГ ЗЕМЕЛЬ

УДК 004.925.8:332

DOI 10.33764/2411-1759-2022-27-3-145-156

Методические подходы к моделированию и прогнозированию рационального использования земельных ресурсов с применением геотехнологий

*А. В. Дубровский¹**

¹ Сибирский государственный университет геосистем и технологий, г. Новосибирск,
Российская Федерация
* e-mail: avd5@ssga.ru

Аннотация. Статья посвящена рассмотрению методических подходов к моделированию и прогнозированию рационального использования земельных ресурсов с применением геотехнологий. Моделирование предлагается выполнять с использованием концепции «цифрового двойника» и специально разработанных для целей прогнозирования направлений использования земельных ресурсов критериев оптимальности системы рационального землепользования. Критерии являются обоснованными с позиций их использования в оценке социально-экономического состояния территории, стратегического планирования, экологического благополучия, а также они коррелируют с показателями, используемыми для оценки эффективности кадастровой системы. В качестве инструментария для выполнения прогнозного моделирования используются геотехнологии. Предложен прототип системы рационального использования земельных ресурсов, которая состоит из четырех подсистем: районирования и функционального зонирования; прогнозного моделирования; перспективного планирования; мониторинга рационального землепользования на основании критериев оптимальности. Разработана структура системы рационального использования земельных ресурсов, отображающая взаимосвязи между подсистемами и целевые показатели, которые будут выполнены в результате работы системы. Для оценивания системы рационального землепользования разработаны критерии оптимальности: устойчивость пространственной структуры к внешним воздействиям; максимальное вовлечение земельных ресурсов в хозяйственное использование; стабильность стоимости объекта недвижимости; выполнение нормативных требований; показатели демографической ситуации; экономическая эффективность. Предлагаемая для внедрения структура системы рационального использования земельных ресурсов является структурой модели цифрового двойника для оптимизации процессов управления геосистемой. На основании разработанных критериев оптимальности осуществляется более точная настройка модели и выработка экономически эффективных и экологически целесообразных управленческих решений.

Ключевые слова: моделирование, прогнозирование, рациональное использование земельных ресурсов, геотехнологии, цифровой двойник, критерии оптимальности, территориальное управление, стратегическое планирование

Введение

В настоящее время в области наук о Земле наблюдается прорыв в становлении новой комплексной науки – геоматики. Существенную помощь в осознании важности этого направления оказывает и современное госу-

дарство. В частности, прогрессивные задачи создания системы единой государственной регистрации недвижимости, публичного интернет-сегмента кадастровой карты Российской Федерации, инфраструктуры пространственных данных и информационной системы обеспечения градостроительной дея-

тельности предполагают интеграцию разрозненных георесурсов о земельно-имущественных комплексах в едином информационном пространстве [1].

Современные геоинформационные системы ориентируются на широкий круг пользователей и делаются более удобными и интуитивно понятными. Кроме того, в современном обществе появляется новое мировоззрение, новое отношение к Земле как единому живому организму – формируется геоинформационное мышление, основанное на осознании взаимосвязей процессов освоения земельных ресурсов и возникающих в результате этого природных, социальных, экономических и других явлений [2].

Однако если научное общество начинает осознавать существующие взаимосвязи, действующие в сложных самоорганизующихся природно-технических системах и природно-территориальных комплексах, то научное знание в области обеспечения устойчивого, комфортного и безопасного существования общества совместно с этими системами на сегодняшний день практически отсутствует. Ухудшение экологических показателей окружающей природной среды, истощение природных ресурсов, в том числе и земельных, глобальные техногенные катастрофы и даже такой показатель, как снижение социально-экономического уровня жизни населения, показывает неэффективность применяемых методов и средств использования земель и контроля за их состоянием, неадекватность существующим угрозам современного мира [3].

В работах [4–6] обоснованно приводятся доказательства, свидетельствующие о зависимости между эффективностью кадастровой системы и уровнем рациональности использования земельных ресурсов государства. Кадастровая система призвана не только регулировать правовые вопросы, связанные с владением, использованием и распоряжением объектами недвижимости, но и являться контрольно-надзорным органом, определяющим экологические установки различных видов хозяйственной деятельности на уровне государства [7].

Разработка стратегических планов, как по освоению земельных ресурсов, так и их существующего хозяйственного использования, является задачей нескольких государственных институтов исполнительной власти: Министерства экономического развития, Министерства природных ресурсов и экологии Российской Федерации, Министерства сельского хозяйства Российской Федерации, Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации, Министерства транспорта Российской Федерации и Росреестра. Министерства и ведомства РФ определяют в рамках своих компетенций направления использования земельных ресурсов, что в свою очередь влияет на глобальные экономические процессы, происходящие в государстве. В связи с этим разрабатываются и предлагаются различные варианты направлений территориального развития. Альтернативные решения моделируются с учетом требуемых целевых показателей, с применением геотехнологий. Современное программное обеспечение, обрабатывающее в том числе и пространственные данные, позволяет создавать многовариантные перспективные планы по освоению земельных ресурсов. В связи с этим одной из задач проектирования систем рационального природопользования с элементами прогнозного моделирования является определение и обоснование наиболее важных показателей, которые необходимо учитывать при проектировании пространственных структур [8–11].

Выполнение работ по моделированию и прогнозированию рационального использования земельных ресурсов невозможно без наличия достоверной кадастровой информации. В работах [12, 13] представлены критерии достоверности кадастровой информации, хотелось бы отметить, что приведенные критерии и информационная модель для повышения достоверности кадастровой информации являются основными при оценке качества кадастровой информации. Также хотелось бы отметить, что из всех приведенных в работе [5] показателей наибольшим весом

80 % при оценке эффективности кадастровой системы обладают: количество учтенных объектов недвижимого имущества, количество отказов или приостановлений в выполнении государственной услуги по кадастровому учету и регистрации прав, точность определения границы объекта недвижимости.

В качестве прототипа системы рационального использования земельных ресурсов предлагается совместное использование четырех подсистем:

- районирования и функционального зонирования;
- прогнозного моделирования;
- перспективного планирования;
- мониторинга рационального землепользования на основании критериев оптимальности.

В качестве основы функционирования системы рационального использования земельных ресурсов служит геоинформация, которая является в настоящее время «стратегическим инструментом обеспечения функционирования отраслей производства, управления территорией, планирования и обеспечения устойчивого развития территорий, поддержки пространственных политических решений по упорядочению использования земель и др.» [14]. Также в работе [15] отмечается, что геоинформация, обработанная современными автоматизированными системами, позволяет создать цифровой двойник Земли – цифровую Землю – «геоинформационное пространство» – инструмент для «многомерного пространственного моделирования» [16], «прогнозирования последствий принимаемых пространственных решений, подсчету рисков, раннему предупреждению кризисных ситуаций и др.» [8].

Исходя из анализа научно-методических основ территориального планирования, землепользования, градостроительства, кадастра, землеустройства, мониторинга и охраны земель, предлагаются следующие основные критерии оптимальности системы рационального землепользования:

- устойчивость пространственной структуры к внешним воздействиям;

- максимальное вовлечение земельных ресурсов в хозяйственное использование;

- стабильная стоимость объекта недвижимости;

- выполнение нормативных требований, определенных законодательством к размещению объектов недвижимости, экологического состояния территории, градостроительного регулирования;

- показатели демографической ситуации;

- экономическая эффективность.

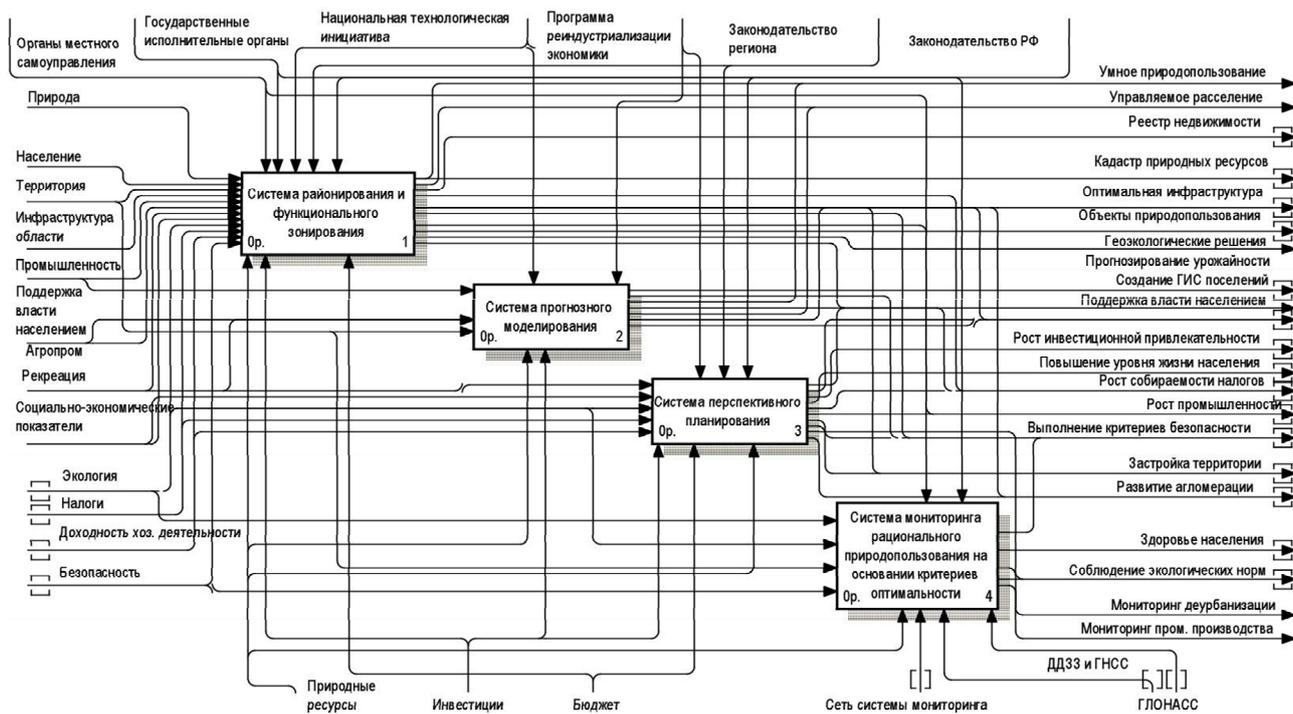
Приведенные целевые показатели системы рационального землепользования используются для создания моделей устойчивого пространственного развития геосистем [17, 18]. Подобные модели могут выступать в качестве цифровых двойников для апробации различных стратегических решений, принимаемых для целей территориального управления [19, 20].

Методы и объект исследования

При выполнении исследований использовались как общие методы (системный анализ, синтез, наблюдение, сравнение, измерение, обобщение), так и специальные методы (мониторинг состояния земель и окружающей природной среды, теоретические исследования по разработке и совершенствованию методических и технологических решений для оценки состояния земельных ресурсов, организации системы рационального природопользования, геоинформационный анализ и геомоделирование).

Результаты

На основании собранного методического и практического материала по проведенным научно-исследовательским работам, а также их результатам, внедренным в производственную деятельность организаций и предприятий, работа которых связана с применением геоинформации и геотехнологий, разработана следующая структура системы рационального использования земельных ресурсов, которая состоит из четырех подсистем (рисунк) [2, 3, 11, 21].



Структура системы рационального использования земельных ресурсов

Система районирования и функционального зонирования включает:

- достижение целевых показателей перспективного освоения земельных ресурсов. Показателями являются экономическое развитие промышленного и сельскохозяйственного производства, уровень жизни населения, рост регионального бюджета и т. д. В качестве основного показателя служит стратегическое вовлечение максимального количества земель в хозяйственный оборот. Система целевых показателей формулируется на основании цели и задач перспективного освоения земельных ресурсов [5];

- исследование свойств и особенностей природных и техногенных объектов. Для выполнения этого этапа работ проводятся комплексные обследования территории, информация обрабатывается, систематизируется и сравнивается с архивными данными. Составляются различные отчеты, тематические карты. Вся информация геокодируется и представляется в виде единого геоинформационного проекта, включающего кадастровую информацию [22];

- разработку методов многофакторного анализа, выделение групп оценочных признаков. Заключается в выборе и адаптации существующих математических моделей и подхо-

дов к проведению анализа. При необходимости возможна разработка новых математических моделей анализа данных о состоянии территории. В результате выполнения данного этапа работ создается информационная модель территории с характеристикой основных, влияющих на ее развитие элементов [18, 23];

- разработку схем районирования и функционального зонирования. Районирование применяется для исследования территории с целью определения и графического представления ее характеристик, которые являются важными с точки зрения выполняемого исследования. При этом результатом районирования является создание картографического произведения в виде карты или схемы расположения выделенных по определенным признакам границ зон с указанием их основных характеристик. Таким образом, районирование решает одну из важнейших задач территориального планирования – определение направлений хозяйственного использования территорий в зависимости от ее географических, экологических, административно-территориальных, экономических особенностей, а также существующего кадастрового деления [24, 25];

- совершенствование системы государственной кадастровой оценки. В результате со-

здание схемы районирования и функционального зонирования производится ранжирование территории по виду разрешенного использования и соотнесение объектов недвижимости к определенным стоимостным группам, что повышает качество и достоверность результатов кадастровой оценки [26, 27].

Система прогнозного моделирования включает:

– построение моделей развития территории. В геоинформационной системе выполняется прогнозное моделирование с определением основных прогнозных параметров с шагом n -лет. Определяется динамика вовлечения земель в хозяйственный оборот, динамика изменения экологической ситуации, уровень социально-экономического развития территории, динамика демографии. Моделирование инженерно-технического обустройства территории на основании использования генеральных планов развития проектов планировки и застройки и т. д. Выделение перспективных направлений использования земель с прогнозом эффекта от их вовлечения в хозяйственный оборот [18, 24];

– определение эксплуатационных характеристик и прогнозного срока использования объектов недвижимости, включая земельные участки. Должен быть выполнен математический анализ величины техногенного освоения, предельно-допустимых воздействий на окружающую природную среду. В результате получается прогноз-рекомендация, в течение какого времени возможно осуществлять ту или иную хозяйственную деятельность на территории. Техногенные природно-территориальные комплексы, которые сейчас сформированы на нашей планете, в зависимости от целого ряда факторов проявляют различную степень устойчивости как к внешним, так и к внутренним воздействиям природного и антропогенного характера [18, 28];

– прогнозирование изменения кадастровой стоимости. Позитивные тенденции в сфере рационального использования территории влекут также улучшение, рост собираемости налогов. Налог на недвижимое имущество исчисляется в зависимости от кадастровой стоимости. С этой позиции необходим прогноз изменения кадастровой стоимости и динамики доходов в бюджет [29];

– уточнение схем территориального развития (планирования). Прогнозные данные необходимо коррелировать с существующими проектными решениями – генеральными планами, проектами планировки и застройки, схемами территориального развития (планирования), информацией Единого государственного реестра недвижимости [24, 30], выполненными кадастровыми, геодезическими, фотограмметрическими, картографическими и другими видами работ по сбору пространственных данных [31–33].

Система перспективного планирования включает:

– разработку системы показателей (экологическая комфортность, социально-бытовая обеспеченность, экономический уровень) жизнедеятельности населения [29];

– разработку перспективных направлений территориального развития (на основании системы прогнозного моделирования) [15, 20, 24];

– разработку стратегического плана развития [20, 34].

Система мониторинга рационального природопользования на основании критериев оптимальности включает:

– разработку критериев оптимальности;

– обеспечение работы единой системы государственного мониторинга земель;

– внедрение единой системы геоинформационного мониторинга;

– разработку системы контроля показателей рационального землепользования на основании критериев оптимальности.

Для оценивания системы рационального землепользования предлагается использовать следующие критерии оптимальности:

– устойчивость пространственной структуры к внешним воздействиям. Критерий предполагает оценивание уровня техногенной трансформации территории и его сравнение с диапазоном значений, благоприятных для функционирования антропогенных структур и проживания населения. Правильно подобранные технологические решения [28] позволяют обеспечить выполнение принципов устойчивого территориального развития муниципальных образований [20];

– максимальное вовлечение земельных ресурсов в хозяйственное использование. Эф-

фактивное землепользование предполагает отсутствие брошенных, неиспользуемых земель, а также минимизацию площади земель запаса;

– стабильная стоимость объекта недвижимости. Этот критерий является одним из универсальных и на основании анализа динамики стоимости объектов недвижимости можно делать выводы об эффективности принимаемых управленческих решений и выбранной стратегии территориального планирования;

– выполнение нормативных требований, определенных законодательством к размещению объектов недвижимости, экологического состояния территории, градостроительного регулирования. Данный критерий объединяет в себе весь комплекс количественных показателей, характеризующих пространственное положение объекта недвижимости, а также условия окружающей природной среды, с которой он взаимодействует [18];

– показатели демографической ситуации. Этот критерий является вторым универсальным критерием, отражающим статистику по численности и плотности населения, а также такие показатели, как рождаемость, смертность, половозрастной состав [29];

– экономическая эффективность. Это традиционный экономический критерий, который определяется как доходность производства по отношению к общим затратам и использованным ресурсам.

Элементы системы рационального использования земельных ресурсов в сочетании с разработанными критериями оптимальности для оценки эффективности принимаемых управленческих решений позволяют на основе геотехнологий создать цифровой двойник объекта управления.

Обсуждение результатов

Полученные результаты согласуются с научными достижениями ученых в области рационального и экономически эффективного землепользования, которые на протяжении последнего столетия разрабатывали подходы к нивелированию и сокращению негативного влияния индустриализации на природно-территориальные комплексы и геосистемы в це-

лом. Вместе с тем, новая стадия развития природно-общественных геосистем – информатизация – предлагает более совершенные механизмы научных исследований и многофакторного моделирования, основанные на автоматизации процессов сбора и обработки геоинформации [35]. Процессы управления и предлагаемые направления территориального развития на основании стратегических планов должны быть апробированы и проверены на корректность с применением цифровых двойников. Работы в направлении создания подобных систем в разной степени глубины реализации ведутся в России на протяжении последних 30 лет. Одними из первых проектов являются муниципальные геоинформационные системы с реализацией в виде интернет-портала для совместного использования данных. В последние несколько лет началась разработка более сложных систем, которые наряду с задачами управления территорией позволяют выполнять прогнозное моделирование [36].

В работе [31] отмечается, что «несмотря на сложности, возникающие при внедрении цифровых моделей, не вызывает сомнения необходимость изменения ориентира – результатом автоматизации должна быть цифровая топографическая информация». Цифровая модель – это первичный элемент создания цифрового двойника, более затратная и сложная в технологическом, техническом и методическом плане работа заключается в информационном наполнении модели, а также в разработке методик анализа и моделирования информации. Одно из подтверждений данного тезиса отражается в работе [37]: «созданная цифровая модель техногенных минеральных образований в результате инвентаризации, а также прогнозного моделирования наполняется информацией для последующего управления данным объектом. Этот пример является наглядным, так как влияние техногенных минеральных образований многосредовое. «Вредное в экологическом плане воздействие может проявляться на воздушный и водный бассейны, сельскохозяйственные угодья – на состояние почвенного покрова». Моделирование и прогнозирование этого воздействия, а также разработка плана мероприятий по минимизации негативных факторов и проверка

адекватности предлагаемых мер на цифровом двойнике рассматриваемой геосистемы – важный элемент системы рационального использования земельных ресурсов. Таким образом, предлагаемая для внедрения структура системы рационального использования земельных ресурсов является структурой модели цифрового двойника для оптимизации процессов управления геосистемой.

Заключение

Цифровая трансформация различных процессов в современной экономике, в том числе

управления и использования земельных ресурсов позволяет автоматизировать процессы получения, обработки и интерпретации разновременных, разнородных данных. Это в свою очередь приводит к получению качественно нового информационного продукта – основы для прогнозного моделирования и стратегического планирования, а также проверке адекватности выбранной модели на тестовом образце геосистемы – цифровом двойнике. На основании критериев оптимальности возможна более точная настройка модели и выработка экономически эффективных и экологически целесообразных управленческих решений.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Карпик А. П., Лисицкий Д. В., Байков К. С., Осипов А. Г., Савиных В. Н. Геопространственный дискурс опережающего и прорывного мышления // Вестник СГУГиТ. – 2017. – Т. 22, № 4. – С. 53–67.
2. Дубровский А. В. Критерии рационального использования земельных ресурсов // Интерэкспо ГЕО-Сибирь. XVI Междунар. науч. конгр. : Национальная науч. конф. «Экономическое развитие Сибири и Дальнего Востока. Экономика природопользования, землеустройство, лесоустройство, управление недвижимостью» : сб. материалов в 8 т. (Новосибирск, 18 июня – 8 июля 2020 г.). – Новосибирск : СГУГиТ, 2020. Т. 3, № 2. – С. 50–56. doi: 10.33764/2618-981X-2020-3-2-50-56.
3. Дубровский А. В., Верещака Т. В., Батин П. С., Малыгина О. И. Разработка подхода к кадастровой оценке объектов недвижимости в зонах возможного проявления стихийных бедствий и чрезвычайных ситуаций // ИнтерКарто. ИнтерГИС. Геоинформационное обеспечение устойчивого развития территорий : материалы Междунар. конф. – М. : Издательство Московского университета, 2020. Т. 26, часть 1. – С. 190–202. doi: 10.35595/2414-9179-2020-1-26-190-202.
4. Варламов А. А., Гальченко С. А. Государственный кадастр недвижимости : монография. – М. : КолосС, 2012. – 679 с.
5. Дубровский А. В. К вопросу о разработке параметров эффективности кадастровой системы // Вестник СГУГиТ. – 2021. – Т. 26, № 6. – С. 129–139. doi: 10.33764/2411-1759-2021-26-6-129-139.
6. Синица Ю. С. Экономическая эффективность земельно-кадастровых систем Российской Федерации : дис. ... канд. эконом. наук. – М., 2016 – 136 с.
7. Сизов А. П., Карфидова Е. А. Образовательный вектор национального проекта «Экология». Объекты накопленного экологического ущерба // Сергеевские чтения: геоэкологические аспекты реализации национального проекта «Экология». Диалог поколений. – М. : Изд-во Российского ун-та дружбы народов, 2020. – С. 12–14.
8. Карпик А. П., Лисицкий Д. В. Основные принципы формирования единого геоинформационного пространства территорий // ГЕО-Сибирь-2011. VII Междунар. научн. конгр. : Геопространство в социальном дискурсе: прошлое, настоящее, будущее : сб. матер. (19–29 апреля 2011 г.). – Новосибирск : СГГА, 2011. – С. 19–24.
9. Лисицкий Д. В. От геодезии для экономики к геодезии для информационного общества // ГЕО-Сибирь-2010. Геодезия, геоинформатика, картография, маркшейдерия: сб. матер. VII Междунар. научн. конгресса (19–29 апреля 2010 г.). – Новосибирск : СГГА, 2010. – С. 26–32.
10. Карпик А. П., Мусихин И. А., Ветошкин Д. Н. Интеллектуальные информационные модели территорий как эффективный инструмент пространственного и экономического развития // Вестник СГУГиТ. – 2021. – Т. 26, № 2. – С. 155–163. – doi: 10.33764/2411-1759-2021-26-155-163.
11. Дубровский А. В. Исследование геоинформационной основы для создания системы навигации и управления на территории Субъекта РФ // Изв. вузов. Геодезия и аэрофотосъемка. – 2009. – № 6. – С. 96–102.
12. Аврунев Е. И., Дорош М. П. Разработка информационной модели для повышения достоверности кадастровой информации // Вестник СГУГиТ. – 2018. – Т. 23, № 1. – С. 156–166.

13. Карпик А. П., Колмогоров В. Г., Рычков А. В. Разработка критериев оценки качества кадастровых данных // Изв. вузов. Геодезия и аэрофотосъемка. – 2013. – № 4/С. – С. 133–136.
14. Карпик А. П., Лисицкий Д. В. Перспективы развития геодезического и картографического производства и новая парадигма геопространственной деятельности // Вестник СГУГиТ. – 2020. – Т. 25, № 2. – С. 19–29. doi: 10.33764/2411-1759-2020-25-2-19-29.
15. Лисицкий Д. В., Кацко С. Ю. Концепция создания и функционирования геоинформационного пространства // Интерэкспо ГЕО-Сибирь-2013. Междунар. науч. конф. «Геодезия, геоинформатика, картография, маркшейдерия»: сб. матер. (15–26 апреля 2013 г.). – Новосибирск : СГГА, 2013. – С. 72–75.
16. Grieves M. Digital Twin: Manufacturing Excellence through Virtual Factory Replication : A White Paper. – Melbourne: LLC, 2014. – 125 с.
17. Гатина Н. В., Козина М. В. Пути развития государственных геоинформационных систем для решения задач территориального управления в едином информационном пространстве // Национальная науч.-практ. конф. «Дальний Восток: Проблемы развития архитектурно-строительного и дорожно-транспортного комплекса» (Хабаровск, 15–17 октября 2019 г.). – Хабаровск : Тихоокеанский государственный ун-т, 2019. – Вып. 19. – С. 252–256.
18. Dubrovsky A. V., Antipov I. T., Kalenitsky A. I., Guk A. P. Elements of Geoinformation Support of Natural Resource Management System // International Journal of Advanced Biotechnology and Research (IJBR). – 2017. – Vol-8, Issue-4. – P. 2090–2107.
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. Ветошкин Д. Н. Разработка усовершенствованной модели земельно-информационной системы муниципального образования: дис. ... канд. техн. наук. – Новосибирск, 2021 – 184 с.
21. Дубровский А. В., Карпик А. П., Ким Э. Л. Анализ природных и техногенных особенностей геопространства чрезвычайной ситуации // Итерэкспо 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. 3. – С. 171–177.
22. Атаманов С. А., Григорьев С. А. Методика оперативной организации полевых работ при кадастровой деятельности // Изв. вузов. Геодезия и аэрофотосъемка. – 2020. – Т. 64, № 4. – С. 435–440. doi: 10.30533/0536-101X-2020-64-4-435-440.
23. Карпик А. П., Лисицкий Д. В., Осипов А. Г., Савиных В. Н. Геокогнитивные методы обеспечения анализа и прогнозирования социально-экономического развития территорий // ИнтерКарто. ИнтерГИС. – 2021. – Т. 27. № 2. – С. 128–140. doi: 10.35595/2414-9179-2021-2-27-128-140.
24. Дубровский А. В. Перспективное районирование территории для цели рационального использования в хозяйственной деятельности // Интерэкспо ГЕО-Сибирь-2016. XII Междунар. науч. конгр. Междунар. науч. конф. «Экономическое развитие Сибири и Дальнего Востока. Экономика природопользования, землеустройство, лесоустройство, управление недвижимостью»: сб. материалов в 3 т. (Новосибирск, 18–22 апреля 2016 г.). – Новосибирск : СГУГиТ, 2016. Т. 2. – С. 34–39.
25. Атаманов С. А., Григорьев С. А. Сопоставление диаграмм бизнес-процессов и технических заданий на кадастровые работы // Регулирование земельно-имущественных отношений в России: правовое и геопространственное обеспечение, оценка недвижимости, экология, технологические решения. Национальная науч.-практ. конф.: сб. материалов (Новосибирск, 12–16 ноября 2018 г.). – Новосибирск : СГУГиТ, 2018. – С. 9–13.
26. Аврунев Е. И., Козина М. В., Попов В. К. Исследование факторов стоимости земель урбанизированных территорий // Вестник СГУГиТ. – 2018. – Т. 23, № 2. – С. 130–142.
27. Дубровский А. В., Махт В. А., Козочкина Е. А. Совершенствование методической основы государственной кадастровой оценки объектов жилого фонда // Вестник СГУГиТ. – 2017. – Т. 22, № 4. – С. 136–147.
28. Кустышева И. Н., Дубровский А. В. Методическое и технологическое обеспечение рационального землепользования при добычи углеводородов с учетом региональных особенностей Крайнего Севера // Вестник СГУГиТ. – 2016. – Вып. 4 (24). – С. 40–47.

29. Дубровский А. В., Подрядчикова Е. Д. К вопросу совершенствования системы оценки недвижимого имущества на основе расчета показателя социальной комфортности // Изв. вузов. Геодезия и аэрофотосъемка. – 2014. – № 4/С. – С. 153–157.
30. Григорьев С. А. Достоверность сведений ЕГРН и ее критерии // Вестник СГУГиТ. – 2021. – Т. 26, № 4. – С. 100–107. doi: 10.33764/2411-1759-2021-26-4-100-107.
31. Брынь М. Я., Веселкин П. А., Иванов В. Н. О требованиях к точности геодезического обеспечения городского кадастра // Кадастр недвижимости. – 2009. – Вып. 1. – С. 83–85.
32. Брынь М. Я., Веселкин П. А., Иванов В. Н., Астапович А. В., Щербак Ю. В. Обоснование точности и параметров кадастровой съемки земельных участков урбанизированных территорий // Записки Горного института. – 2013. – Т. 204. – С. 19–23.
33. Аврунев Е. И., Пархоменко И. В. Совершенствование координатного обеспечения государственного земельного надзора // Вестник СГУГиТ. – 2016. – Вып. 2 (34). – С. 150–157.
34. Лисицкий Д. В., Кацко С. Ю. Технологическая платформа «единое геоинформационное пространство» – основа социально-экономического развития территорий // Изв. вузов. Геодезия и аэрофотосъемка. – 2015. – № С/5. – С. 250–256.
35. Ершов А. В. Автоматизация сбора данных об объектах недвижимости: контроль достоверности и информационное обеспечение кадастровой оценки // Вестник СГУГиТ. – 2018. – Т. 23, № 3. – С. 156–170.
36. В Новосибирской области создадут цифровой двойник Краснообска // Индустрия безопасности [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.securitymedia.ru/news_one_14810.html.
37. Басова И. А., Прохоров Д. О., Пьянков С. В. О создании реестра техногенных минеральных образований // Вестник СГУГиТ. – 2021. – Т. 26, № 6. – С. 107–116.

Об авторах

Алексей Викторович Дубровский – кандидат технических наук, директор Института кадастра и природопользования.

Получено 30.03.2022

© А. В. Дубровский, 2022

Methodological approaches to modeling and forecasting of rational use of land resources using geotechnologies

*A. V. Dubrovsky¹**

¹ Siberian State University of Geosystems and Technologies, Novosibirsk, Russian Federation

* e-mail: avd5@ssga.ru

Abstract. The article discusses methodological approaches to modeling and forecasting the rational use of land resources and the use of geotechnologies. Modeling is performed using the concept of "digital twin" and specially developed criteria for the optimality of the rational land use system. The criteria are reasonable from the viewpoint of assessing the socio-economic condition of the territory in strategic planning, and environmental analysis. The criteria also correspond to the indicators that are used to assess the effectiveness of the cadastral system. Geotechnologies are used as a method of predictive modeling. The prototype of the system of rational use of land resources is proposed. The system consists of four subsystems: zoning and functional zoning; predictive modeling; long-term planning; monitoring of rational land use based on optimality criteria. The structure of the system of rational use of land resources has been developed, showing the relationship between subsystems and targets which are to be reached as the result of system operation. To assess the rational land use system, optimality criteria have been developed: the stability of the spatial structure to external influences; maximum involvement of land resources in economic use; value stability of the real estate object; compliance with regulatory requirements; indicators of the demographic situation; economic efficiency. The implemented structure of rational use system of land resources is the structure of the digital twin model for optimizing geosystem management processes. Based on the developed optimality criteria, more accurately fine-tuned model and cost-effective and environmentally sound management solutions are developed.

Keywords: modeling, forecasting, rational use of land resources, geotechnologies, digital twin, optimality criteria, territorial management, strategic planning

REFERENCES

1. Karpik, A. P., Lisitskiy, D. V., Baykov, K. S., Osipov, A. G., & Savinykh, V. N. (2017). Geospacial discourse of forward-looking and breaking-through way of Thinking. *Vestnik SGUGiT [Vestnik SGUGiT]*, 22(4), 53–67 [in Russian].
2. Dubrovskiy, A. V. (2020). Criteria for rational use of land resources. In *Sbornik materialov Interekspo GEO-Sibir'-2020: Mezhdunarodnoy nauchnoy konferentsii: T. 3. Ekonomicheskoe razvitie Sibiri i Dal'nego Vostoka. Ekonomika prirodopol'zovaniia, zemleustroistvo, lesoustroistvo, upravlenii e nedvizhimost'iu [Proceedings of Interexpo GEO-Siberia-2020: International Scientific Conference: Vol. 3. Economic Development of Siberia and the Far East. Environmental Economics, Land Management, Forestry Management and Property Management]* (pp. 50–56). Novosibirsk: SSUGT Publ. doi: 10.33764/2618-981X-2020-3-2-50-56 [in Russian].
3. Dubrovskiy, A. V., Vereshchaka, T. V., Batin, P. S., & Malygina, O. I. (2020). Development of an approach to cadastral valuation of real estate in areas of possible manifestations of natural disasters and emergency situation. In *Sbornik materialov InterKarto. InterGIS: Mezhdunarodnoi konferentsii: Geoinformatsionoe obespechenie ustoychivogo razvitiya territoriy [Proceedings of InterCarto. InterGIS: International Conference: Geoinformation Support of Sustainable Development of Territories]* (pp. 190–202). Moscow: Moscow University Publ. doi: 10.35595/2414-9179-2020-1-26-190-202 [in Russian].
4. Varlamov, A. A., & Gal'chenko, S. A. (2012). *Gosudarstvennyy kadastr nedvizhimosti [State Cadastre of Real estate]*. Moscow: KolosS Publ., 679 p. [in Russian].
5. Dubrovskiy, A. V. (2021). On the issue of the development of parameters of the effectiveness of the cadastral system. *Vestnik SGUGiT [Vestnik SSUGT]*, 26(6), 129–139. doi: 10.33764/2411-1759-2021-26-6-129-139 [in Russian].
6. Sinitsa, Yu. S. (2016). Economic efficiency of land cadastral systems of the Russian Federation. *Extended abstract of candidate's*. Moscow, 136 p. [in Russian].
7. Sizov, A. P., & Karfidova, E. A. (2020). Educational vector of the national project "Ecology". Accumulated environmental damage objects. In *Sergeevskie chteniya: geojekologicheskie aspekty realizacii nacional'nogo proekta "Ekologiya". Dialog pokolenij [Sergeevskie Readings: Geoecological Aspects of the Implementation of the National Project "Ecology". Dialogue of Generations]* (pp. 12–14). Moscow: Peoples' Friendship University of Russia Publ. [in Russian].
8. Karpik, A. P., & Lisitskiy, D. V. (2011). Basic principles of the formation of a unified geo-formation space of territories. In *Sbornik materialov GEO-Sibir'-2011: Geoprostranstvo v sotsial'nom diskurse: proshloe, nastoyashchee, budushchee [Proceedings of GEO-Siberia-2011: Geospatial Space in Social Discourse: Past, Present, Future]* (pp. 19–24). Novosibirsk: SSGA Publ. [in Russian].
9. Lisitskiy, D. V. (2010). From geodesy for economics to geodesy for information society. In *Sbornik materialov GEO-Sibir'-2010: Geodeziya, geoinformatika, kartografiya, marksheyderiya [Proceedings of GEO-Siberia-2010: Geodesy, Geoinformatics, Cartography, Mine Surviving]* (pp. 26–32). Novosibirsk: SSGA Publ. [in Russian].
10. Karpik, A. P. (2021). Intellectual information models of territories as an effective tool of spatial and economic development *Vestnik SGUGiT [Vestnik SSUGT]*, 26(2), 155–163 [in Russian]. doi: 10.33764/2411-1759-2021-26-155-163.
11. Dubrovskiy, A. V. (2009). The study of the geoinformation basis for the creation of a navigation and control system on the territory of the Subject of the Russian Federation. *Izvestiya vuzov. Geodeziya i aerofotos'emka [Izvestiya Vuzov. Geodesy and Aerophotosurveying]*, 6, 96–102 [in Russian].
12. Avrunev, E. I., & Dorosh, M. P. (2018). Desing of information model for the purpose of increasing reliability of cadastral information. *Vestnik SGUGiT [Vestnik SSUGT]*, 23(1), 156–166 [in Russian].
13. Karpik, A. P., Kolmogorov, V. G., & Rychkov, A. V. (2013). Development of criteria for assessing the quality of cadastral data. *Izvestiya vuzov. Geodeziya i aerofotos'emka [Izvestiya Vuzov. Geodesy and Aerophotosurveying]*, 4, 133–136 [in Russian].

14. Karpik, A. P., & Lisitskiy, D. V. (2020). Prospects for the development of geodetic and cartographic production and a new paradigm of geospatial activity. *Vestnik SGUGiT [Vestnik SSUGT]*, 25(2), 19–29. doi: 10.33764/2411-1759-2020-25-2-19-29 [in Russian].
15. Lisitskiy, D. V., & Katsko, S. Yu. (2013). Concept of creation and functioning of geo-information space. In *Sbornik materialov Interekspo GEO-Sibir'-2013: Mezhdunarodnoy nauchnoy konferentsii: Geodeziya, geoinformatika, kartografiya, marksheyderiya [Proceedings of Interexpo GEO-Siberia-2020: International Scientific Conference: Geodesy, Geoinformatics, Cartography, Mine Surviving]* (pp. 72–75). Novosibirsk: SSGA Publ. [in Russian].
16. Grieves, M. (2014). *Digital Twin: Manufacturing Excellence through Virtual Factory Replication: A White Paper*. Melbourne: LLC.
17. Gatina, N. V., & Kozina, M. V. (2019). Ways of development of state geoinformation systems for solving problems of territorial management in a single information space. In *Sbornik materialov Natsionalnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii: Vyp. 19. Dalniy Vostok: Problemy razvitiya arkhitekturno-stroitel'nogo i dorozhno-transportnogo kompleksa [Proceedings of the National Scientific and Practical Conference: Issue 19. Far East: Problems of the Development of the Architectural and Construction and Road Transport Complex]* (pp. 252–256). Khabarovsk: Pacific State University Publ. [in Russian].
18. Dubrovsky, A. V., Antipov, I. T., Kalenitsky, A. I., & Guk, A. P. (2017). Elements of Geoinformation Support of Natural Resource Management System. *International Journal of Advanced Biotechnology and Research (IJBR)*, 8(4).
19. Karpik, A. P., Vetoshkin, D. N., & Gorobtsov, S. R. (2015). Integration of information systems of the state cadastre of immovable property, municipal information systems for urban planning activities and information resources of the Federal Tax Service in order to increase the collection of land payments. *Izvestiya vuzov. Geodeziya i aerofotos'emka [Izvestiya Vuzov. Geodesy and Aerophotosurveying]*, 5/S, 142–149 [in Russian].
20. Vetoshkin, D. N. (2021). Development of an improved model of the land information system of the municipality. *Extended abstract of candidate's thesis*. Novosibirsk [in Russian].
21. Dubrovskiy, A. V., Karpik, A. P., & Kim E. L. (2015). Analysis of natural and technogenic features of the geospatial emergency. In *Sbornik materialov Interekspo GEO-Sibir'-2015: Mezhdunarodnoy nauchnoy konferentsii: T. 3. Geodeziya, geoinformatika, kartografiya, marksheyderiya [Proceedings of Interexpo GEO-Siberia-2015: International Scientific Conference: Vol. 3. Geodesy, Geoinformatics, Cartography, Mine Surviving]* (pp. 171–177). Novosibirsk: SSUGT Publ. [in Russian].
22. Atamanov, S. A., & Grigor'ev, S. A. (2020) Methods of operational organization of field work in cadastral activity. *Izvestiya vuzov. Geodeziya i aerofotos'emka [Izvestiya Vuzov. Geodesy and Aerophotosurveying]*, 64(4), 435–440. doi: 10.30533/0536-101X-2020-64-4-435-440 [in Russian].
23. Karpik, A. P., Lisitskiy, D. V., Osipov, A. G., & Savinykh, V. N. (2021). Geocognitive methods of providing analysis and forecasting of socio-economic development of territories. *InterKarto. InterGIS [InterCarto. InterGIS]* (pp. 128–140). Moscow: Moscow University Publ. doi: 10.35595/2414-9179-2021-2-27-128-140 [in Russian].
24. Dubrovskiy, A. V. (2016). Perspective zoning of the territory for the purpose of rational use in economic activity. In *Sbornik materialov Interekspo GEO-Sibir'-2016: Mezhdunarodnoy nauchnoy konferentsii: T. 2. Ekonomicheskoe razvitiye Sibiri i Dal'nego Vostoka. Ekonomika prirodopol'zovaniya, zemleustroystvo, lesoustroystvo, upravleniye i nedvizhimost'iu [Proceedings of Interexpo GEO-Siberia-2016: International Scientific Conference: Vol. 2. Economic Development of Siberia and the Far East. Environmental Economics, Land Management, Forestry Management and Property Management]* (pp. 34–39). Novosibirsk: SSUGT Publ. [in Russian].
25. Atamanov, S. A., & Grigor'ev, S. A. (2018). Comparison of diagrams of business processes and technical tasks for cadastral works. In *Sbornik materialov Natsional'noi nauchno-prakticheskoi konferentsii: Regulirovaniye zemel'no-imushchestvennykh otno-sheniy v Rossii: pravovoe i geoprostranstvennoye obespecheniye, otsenka nedvizhimosti, eko-logiya, tekhnologicheskie resheniya [Proceedings of National Scientific and Practical Conference: Regulation of Land and Property Relations in Russia: Legal and Geospatial Support, Real Estate Valuation, Ecology, Technological Solutions]* (pp. 9–13). Novosibirsk: SSUGT Publ. [in Russian].
26. Avrunev, E. I., Kozina, M. V., & Popov, V. K. (2018). Investigation of factors of the value of urbanized territories' lands *Vestnik SGUGiT [Vestnik SSUGT]*, 23(2), 130–142 [in Russian].

27. Dubrovskiy, A. V., Makht, V. A., & Kozochkina, E. A. (2017). Improvement of the methodological basis of the state cadastral valuation of residential real estate. *Vestnik SGUGiT [Vestnik SSUGT]*, 22(4), 136–147 [in Russian].
28. Kustysheva, I. N., & Dubrovskiy, A. V. (2016). Methodological and technological support of rational land use in mining hydrocarbons taking into account the regional peculiarities of the Far North *Vestnik SGUGiT [Vestnik SSUGT]*, 24(4), 40–47 [in Russian].
29. Dubrovskiy, A. V., & Podryadchikova, E. D. (2014). On the issue of improving the evaluation system real estate based on the calculation of the indicator of social comfort. *Izvestiya vuzov. Geodeziya i aerofotos'emka [Izvestiya Vuzov. Geodesy and Aerophotosurveying]*, 4/S, 153–157 [in Russian].
30. Grigor'ev, S. A. (2021). Reliability of the EGRN information and its criteria *Vestnik SGUGiT [Vestnik SSUGT]*, 26(4), 100–107. doi: 10.33764/2411-1759-2021-26-4-100-107 [in Russian].
31. Bryn', M. Ya., Veselkin, P. A., & Ivanov, V. N. (2009). On the requirements for the accuracy of geodetic support of the city cadaster. *Kadastr nedvizhimosti [Cadastr of Real Estate]*, 1, 83–85 [in Russian].
32. Bryn', M. Ya., Veselkin, P. A., Ivanov, V. N., Astapovich, A. V., & Shcherbak, Yu. V. (2013). Substantiation of accuracy and parameters of cadastral survey of land plots of urbanized territories. *Zapiski Gornogo institute [Notes of the Mining Institute]*, 204, 19–23 [in Russian].
33. Avrunev, E. I., & Parkhomenko I. V. (2016). Improvement of coordinate support of state land supervision. *Vestnik SGUGiT [Vestnik SSUGT]*, 2(34), 150–157 [in Russian].
34. Lisitskiy, D. V., Katsko, S. Yu. (2015). Technological platform "unified geoinformation space" - the basis of socio-economic development of territories. *Izvestiya vuzov. Geodeziya i aerofotos'emka [Izvestiya Vuzov. Geodesy and Aerophotosurveying]*, S/5, 250–256 [in Russian].
35. Ershov, A. V. (2018). Automation of data collection on real estate objects: reliability control and information support of cadastral valuation. *Vestnik SGUGiT [Vestnik SSUGT]*, 23(3), 100–107 [in Russian].
36. A digital twin of Krasnoobsk will be created in the Novosibirsk region. *Industriya bezopasnosti [Security Industry]*. Retrieved from https://www.securitymedia.ru/news_one_14810.html [in Russian].
37. Basova, I. A., Prokhorov, D. O., & P'yankov, S. V. (2021). On the creation of the register of technogenic mineral formations. *Vestnik SGUGiT [Vestnik SSUGT]*, 26(6), 107–116 [in Russian].

Author details

Alexey V. Dubrovsky – Ph. D., Director, Institute of Cadastre and Environmental Management.

Received 30.03.2022

© A. V. Dubrovsky, 2022