

Геоинформатика. 2023. № 4. С. 15–28.
Geoinformatika. 2023;(4):15–28.

Применение ГИС-технологий

Научная статья

УДК 004:004.9:528:528.94:528.48:711.4:912.4:911(470.345)
<https://doi.org/10.47148/1609-364X-2023-4-15-28>

Геоинформационные технологии компьютерного проектирования общественных мест городских территорий: проблемы и опыт (на примере г. Саранска)

© 2023 г. — Ирина Анатольевна Сёмина^{1, a)}, Ольга Евгеньевна Малахова^{1, b)}, Сергей Адамович Тесленок^{1, 2, c)}, Наталия Владимировна Яковенко^{3, d)}

¹ФГБОУ ВО «Национальный исследовательский Мордовский государственный университет им. Н.П. Огарёва»; Саранск, Россия

²ФГБОУ ВО «Югорский государственный университет»; г. Ханты-Мансийск, Россия

³Воронежский государственный лесотехнический университет; Воронеж, Россия

^{a)}isemina@mail.ru, ^{b)}masterplan-landscape@yandex.ru, ^{c)}teslenok-sa@mail.com, ^{d)}n.v.yakovenko71@gmail.com

Аннотация: В работе рассматриваются возможности использования современных программных продуктов для решения задач компьютерного (включая геоинформационное) проектирования общественных мест городских территорий, в первую очередь — системы автоматизированного проектирования AutoCAD. Представлены выявленные особенности использования программы, ее достоинства и недостатки, преимущества и проблемы, указаны апробированные пути преодоления последних. На базе анализа опыта нескольких проектов проектирования общественных мест г. Саранска (столица Республики Мордовия), выполненных авторами на основе топографической съемки разных лет сотрудников ООО «Геостройизыскания», ООО «Кадастровый центр», ООО «РНИЦ», представлены материалы, дающие представление о вариантах некорректной и корректной топосъемки и иллюстрирующие наиболее часто встречающиеся недостатки топографических основ, показаны основные шаги их обработки и создания двумерной и трехмерной топографической основы на примере объекта «Новотроицкий торгово-офисный центр». Определен и ряд косвенных проблем, в целом связанных с компьютерным проектированием общественных мест городских территорий, включая проблемы использования лицензионного программного обеспечения, и показаны реально апробированные пути их преодоления. Это позволило разработать и реализовать на практике геоинформационную технологию компьютерного проектирования общественных мест городских территорий.

Ключевые слова: геоинформационные технологии, компьютерное проектирование, трехмерное информационное моделирование городов, городские территории, общественные места, планирование и проектирование, программа AutoCAD

Для цитирования: И.А. Сёмина, О.Е. Малахова, С.А. Тесленок, Н.В. Яковенко Геоинформационные технологии компьютерного проектирования общественных мест городских территорий: проблемы и опыт (на примере г. Саранска) // Геоинформатика. — 2023. — № 4. — С. 15–28. <https://doi.org/10.47148/1609-364X-2023-4-15-28>.

Application of GIS-technologies

Original article

Geoinformation technologies of computer-aided design of public places in urban areas: problems and experience (on the example of Saransk)

© 2023 — Irina A. Semina^{1, a)}, Olga E. Malakhova^{1, b)}, Sergey A. Teslenok^{1, 2, c)}, Nataliya V. Yakovenko^{3, d)}

¹National Research Mordovia State University named after N.P. Ogarev; Saransk, Russia

²Yugra State University; Khanty-Mansiysk, Russia

³Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov; Voronezh, Russia

^{a)}isemina@mail.ru, ^{b)}masterplan-landscape@yandex.ru, ^{c)}teslenok-sa@mail.com, ^{d)}n.v.yakovenko71@gmail.com

Abstract: The paper considers the possibilities of using modern software products to solve the problems of computer (including geoinformation) design of public places in urban areas, first of all, the AutoCAD computer-aided design system. The identified features of program use, its advantages and disadvantages, strong features and problems are presented, proven ways to overcome the latter are indicated. Based on the analysis of the experience of several projects of designing public places in Saransk (the capital of the Republic of Mordovia), carried out by the authors on the basis of topographic surveys of different years accomplished by employees of LLC "Geostroyizskaniya", LLC "Cadastral Center", LLC "RNITS", materials are presented that give an idea of the options for incorrect and correct topography and illustrate the most common disadvantages of topographic bases, main steps of their processing and creation of a two-dimensional and three-dimensional topographic basis are shown on the example

of the object "Novotroitsky shopping and office center". A number of indirect problems is also identified, generally related to computer-aided design of public places in urban areas, including problems with the use of licensed software, and really proven ways to overcome them are shown. This allowed to develop and practically implement geoinformation technology for computer-aided design of public places in urban areas.

Key words: *geoinformation technologies, computer design, three-dimensional information modeling of cities, urban areas, public places, planning and design, AutoCAD program*

For citation: *Semina I.A., Malakhova O.E., Teslenok S.A., Yakovenko N.V. Geoinformation technologies of computer-aided design of public places in urban areas: problems and experience (on the example of Saransk). Geoinformatika. 2023;(4):15–28. <https://doi.org/10.47148/1609-364X-2023-4-15-28>. In Russ.*

Введение

В последние годы урбанизация претерпела огромные изменения, интенсивно развиваясь, преимущественно из-за увеличения численности населения и связанного с этим его стремления и предпочтения жить в городах. Постоянно растущий спрос на городское пространство по своей сути представляет собой конфликт между окружающей средой и человечеством. В результате появляются не имеющие научного обоснования и плохо спланированные городские поселения. В этом контексте крайне важно использовать существующие и отработанные технологии визуализации нового города еще до того, как он будет разработан. Соответствующие методы играют важную роль в процессе создания, анализа и визуализации 3D моделей населенных пунктов и отдельных структурных элементов, как и среды их размещения [3, 18, 23, 25, 30, 31, 32, 35, 36, 37, 38, 39, 40, 41]. Созданные модели позволяют географам, проектировщикам, геоинформатикам, картографам, геодезистам, строителям и целому ряду специалистов других смежных направлений, занятых в проектировании общественных мест городских территорий, находить оптимальные решения для преодоления различных проблем, связанных с урбанизацией, для решения задач будущего городского планирования и управления [1, 2, 3, 4, 5, 6, 9, 10, 15, 21, 22, 23, 26, 28, 29, 30, 31, 33].

Одним из самых распространенных программных продуктов для современного компьютерного проектирования общественных мест городов и мегаполисов является программный продукт AutoCAD, относящийся к группе САПР — систем автоматизированного проектирования. Разработчиком данного программного обеспечения является компания Autodesk, Inc, головной офис которой базируется в городе Сан-Рафел штата Калифорния, США.

Эта программа, на наш взгляд, довольно проста в использовании и характеризуется широкими возможностями как для простого двумерного 2D, так и для пространственного 3D моделирования, адаптивной виртуальной средой проектирования, относительно простым интерфейсом, регулярными обновлениями от разработчиков. Авторы данной статьи на протяжении почти десятилетнего периода своей научной и производственной деятельности активно используют различные программные продукты компании Autodesk, Inc, причем для ре-

шения задач современного компьютерного проектирования общественных мест городов чаще всего применялась именно САПР AutoCAD. На основании практики ее применения проведен комплексный анализ и определена цель исследования. Она заключается в выявлении особенностей использования программы, ее преимуществ, достоинств и недостатков, формулировании имеющихся проблем и представлении апробированных путей преодоления последних в процессе практического применения интерактивного метода решения задач компьютерного геоинформационного проектирования общественных мест городских территорий в программном комплексе AutoCAD на примере г. Саранска, Республика Мордовия.

Целью исследования являлось определение преимуществ и проблем практического применения интерактивного метода решения задач проектирования общественных мест городских территорий в САПР AutoCAD. Использованы методы информационных и геоинформационных технологий и пространственного анализа, выступающие приоритетными в программе развития цифровой экономики Российской Федерации и «умных городов». Основным методом исследования выбран геоинформационно-картографический.

В контексте проблематики рассматриваемой темы в обязательном порядке следует уточнить вопрос отнесения (неотнесения) AutoCAD к группе ГИС-программ, напрямую связанный с его эволюцией в сторону географических информационных (геоинформационных) систем (ГИС). Прежде всего, еще раз необходимо напомнить, что программный продукт AutoCAD относится к группе САПР. Соответственно, обычный AutoCAD без дополнительных модулей и плагинов ГИС-системой не является, будучи CAD-системой. Однако достаточно тонкая грань между САПР и ГИС исчезла после появления AutoCAD Land Desktop, содержавшего полноценный модуль ГИС с инструментарием для проверки топологии, определения проекций, пересчетов и многого другого. Он, в свою очередь, довольно быстро отошел на задний план после появления AutoCAD Map и AutoCAD Map 3D. Это высокоточное программное обеспечение для создания цифровых карт и осуществления геоинформационного анализа, включающее все функциональные возможности базового продукта AutoCAD. Оно предоставляет доступ к картографическим данным и данным ГИС для поддержки управления, планирования и про-

ектирования; содержит все необходимые средства и эффективные функции для изготовления картографической основы и обработки географической информации, поддерживает графические форматы, осуществляет экспорт данных в программы обработки пространственной информации, обеспечивает получение дополнительных данных для ГИС-проекта [24] через сеть, а так же дополнено возможностями работы с атрибутикой пространственных данных и языком SQL. Технология САПР в данном случае интегрирована в ГИС для повышения производительности и общего качества работ.

Поистине неопределимо значение ArcGIS for AutoCAD — бесплатно подключаемого приложения (плагины) AutoCAD, интерфейса системы ArcGIS, осуществляющего интеграцию с ГИС. Посредством подключения к сервисам ArcGIS — ArcGIS for Server и ArcGIS Online — упрощается обмен информацией между AutoCAD и ArcGIS и возможен доступ к содержимому данных ГИС, их созданию, совместному использованию и управлению ими, к корпоративным ГИС-картам, сервисам картографических и любых других геоданных, геоизображений и объектов. Имеется возможность редактирования локально созданных или импортированных пространственных данных средствами AutoCAD.

Актуальна возможность создания цифровой модели местности с помощью приложения Меню-ГЕО платформы Autodesk AutoCAD. Совместимые геоинженерные и ГИС-приложения для платформы AutoCAD — GEO+CAD. В линейку ГИС-продуктов Autodesk входят AutoCAD MAP, Autodesk World и MapGuide. С точки зрения компьютерного проектирования общественных мест городских территорий важно, что работа с полнофункциональной инструментальной ГИС Autodesk MAP осуществляется через систему Autodesk Civil (основанную на технологии AutoCAD и ориентированную на решение градостроительных и строительных задач), в которую она встроена и представлена в виде отдельного меню «КАРТА».

Как видим, некогда новое для Autodesk направление ГИС не просто активно развивается, но даже обогнало по объемам продаж таких лидеров в этой области, как ESRI и Intergraph.

Теоретическая и практическая значимость исследования заключается в том, что программный комплекс AutoCAD дает возможность использовать целый ряд инструментов для проектирования общественных мест городских территорий с картографическими сведениями в автоматическом режиме. Одна из главных составляющих при этом — трехмерное информационное моделирование городов; это стратегически важный процесс, который обеспечивает хорошую окупаемость вложенных инвестиций. Использование интеллектуальных трехмерных моделей для поддержания совместной работы на период всего жизненного

цикла объектов инфраструктуры общественных мест городских территорий обеспечивает эффективное управление комплексными инфраструктурными проектами всей городской среды в целом.

Таким образом, рассматривается новая сфера применения современных информационных технологий, расширяющая предметную область геоинформатики. Предложен, разработан и исследован новый интерактивный метод решения географических задач проектирования общественных мест городских территорий в среде AutoCAD.

Результаты использования комплекса фотограмметрических методов, позволяющих извлекать геопространственную информацию из геоизображений, представляют собой трехмерные векторы, которые моделируют реально существующие наземные объекты, соответствующие глобальным координатам [1, 3, 12]. Эти модели наземных объектов затем обрабатываются с помощью инструментария ГИС для добавления соответствующей атрибутивной информации и последующей визуализации, в первую очередь — графического отображения самой модели. Наконец, полученная модель становится исходным материалом для пространственного анализа и определения на этой основе направлений и конкретных мер решения многочисленных проблем, возникающих в городских поселениях и агломерациях, а так же в целом антропогенной деятельности в географическом масштабе [1, 5, 8, 23, 26, 27, 33, 39].

Опыт компьютерного проектирования общественных мест (на примере г. Саранска)

В результате проведенного исследования установлено, что целый ряд проблем компьютерного проектирования общественных мест связан с топографическими основами, на которых выполняется любой проект, а также их оформлением. В практической деятельности в процессе подготовки и создании топооснов чаще всего встречаются определенные ошибки. Наиболее часто встречающиеся из таких недостатков — слишком большое по размеру и полужирное начертание шрифтов надписей и отметок, а так же широкие линии графических объектов, что приводит к усложнению восприятия информации: чертежи становятся графически и информационно перенасыщенными и плохо читаемыми. При печати в установленном нормативными документами масштабе такая проектная документация с трудом воспринимается сторонними специалистами, сотрудниками экспертизы, заказчиками и строителями. Результаты топографической съемки, конечно, являются основой и фоном, но не главным источником графической информации в проекте. Избежать в региональной практике указанных недостатков возможно, если делать заказ топосъемки в организациях, обеспечивающих соответствующее приемлемое графическое оформление.

Сети инженерно-технического обеспечения, такие как водопровод, ливневая канализация, газопровод и другие, в рабочем пространстве программы изображаются в виде полилиний. Они представляют собой условные обозначения в виде единых сложных графических объектов, состоящих из линий, обозначающих местоположение и направление прохождения трасс соответствующих инженерных сетей, и буквенных обозначений, определяющих их назначение. При таком исполнении графические объекты в разных программах и на разных компьютерах будут считывать данные объекты (полилинии) по-разному в зависимости от типа используемого программного обеспечения, пользовательских настроек программы, примененных стилей оформления и ряда других параметров. В связи с этим они могут не отображаться совсем или отображаться некорректно (например, в виде прямых линий вместо принятых условных обозначений) из-за различий в масштабах, применения процедур копирования в файлы с другими настройками и конфликтов различного программного обеспечения и операционных систем. Примеры некорректного (А) и корректного (В) отображения некоторых полилиний (сетей инженерно-технического обеспечения, в данном случае — водопровода и электрических кабелей), с условными обозначениями в масштабе чертежа представлены на рисунке 1.

Он подготовлен О.Е. Малаховой (как и последующие рисунки 2–4); здесь представлен фрагмент схемы планировочной организации земельного

участка по объекту «Торгово-офисный центр Новотроицкий», расположенному по улице Полежаева, и ограниченному улицами Полежаева, Лесная, Гагарина и переулком Суворова (стадия строительства завершена, ожидается ввод в эксплуатацию).

Имеющийся опыт эксплуатации дает возможность констатировать, что решаются указанные проблемы довольно просто. В данном конкретном случае для исключения некорректного масштабирования и отображения можно предложить использовать для изображения сетей инженерно-технических коммуникаций стабильные графические объекты, которые в рабочем пространстве программы будут отображаться одинаково, не меняя своего масштаба, цвета, толщины и типа линий и прочих параметров.

Рисунок 2 дает представление о правильной графической визуализации особенностей топографии земельного участка. Это фрагмент схемы планировочной организации земельного участка жилого дома по улице Щорса 27 А.

Напротив, рисунок 3 — фрагмент схемы планировочной организации земельных участков жилых домов по улице Щорса, 27 А, — является примером неправильного оформления графического представления рельефа.

Еще один важный момент, связанный с графической визуализацией, по нашему мнению, определяется с тем, что нежелательно использование цветного варианта топографической съемки (прежде всего, с разноцветными линиями инженерно-

Рис. 1. Некорректная (А) и корректная (В) графическая визуализация схемы земельного участка объекта «Новотроицкий торгово-офисный центр», Саранск

Fig. 1. Incorrect (A) and correct (B) graphical visualization of the land plot for the object Novotroitsky Shopping and Office Center, Saransk

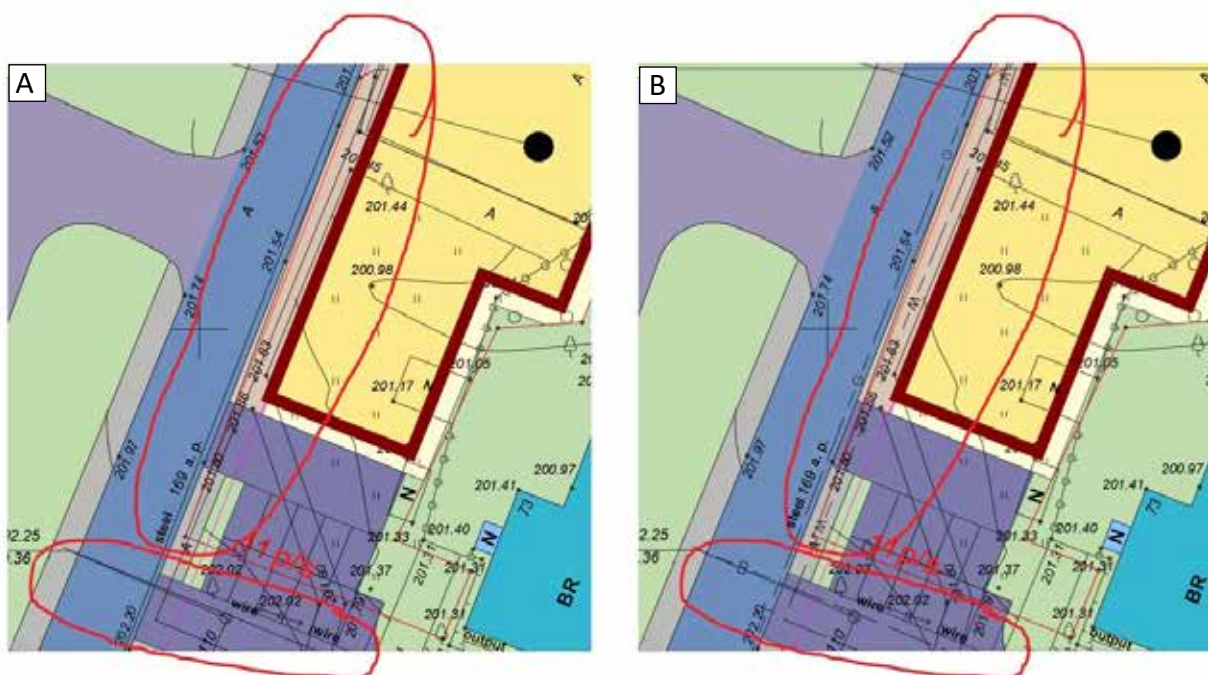


Рис. 2. Пример правильной графической визуализации топографии земельного участка жилого дома на улице Щорса 27 А, Саранск
Fig. 2. Example of the correct graphical visualization of the land plot topography of a residential building on Shchorsa street 27 A, Saransk

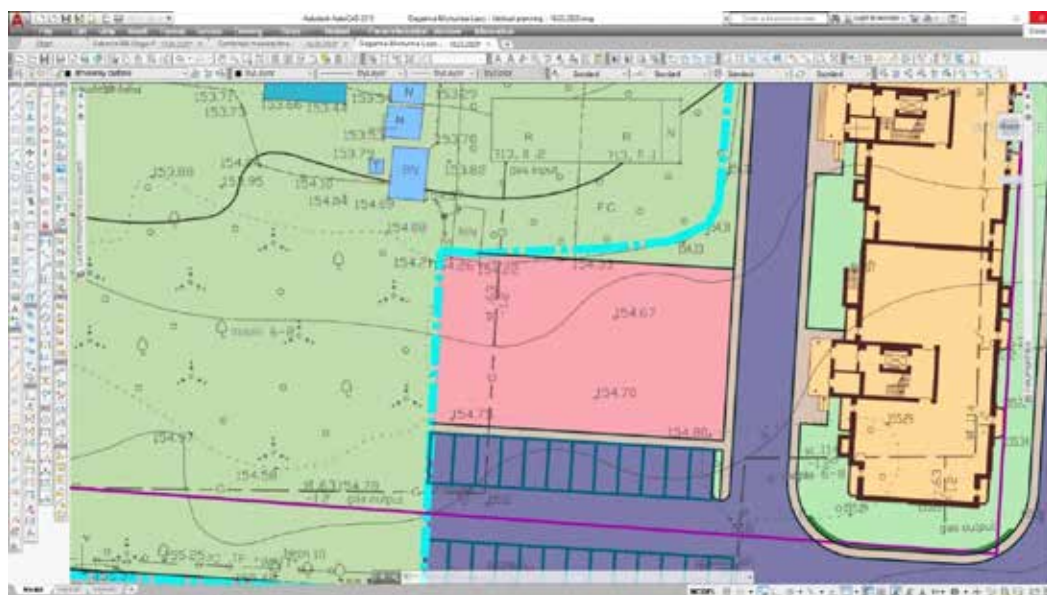


Рис. 3. Пример неправильного оформления рельефа земельного участка жилого дома по улице Щорса 27 А, Саранск
Fig. 3. Example of incorrect design of the relief of the land plot of a residential building on Shchorsa street 27 A, Saransk



технических коммуникаций подосновы). Критично то, что они существенно отвлекают внимание пользователей от главного — содержательной части чертежа. В этом случае выходом будет являться приведение материалов топосъемки к единому цветовому решению перед началом проектирования, что представлено на цветной топографической базе съемки фрагмента улицы Серадзская (между улицами Котовского и Фурманова) на рисунке 4.

Кроме того, еще одной частой и крайне критичной ошибкой подготовки и выполнения топо-

основы является неточное указание существующих высотных отметок рельефа местности, что, по нашему опыту, обусловлено в первую очередь влиянием человеческого фактора. Впоследствии это может привести к ошибкам в проектировании и реализации проекта: возникают сложности в состыковке существующего и проектируемого рельефа (несоответствия из-за наличия отдельных неучтенных элементов рельефа, ям, более высоких откосов и крутых пандусов, необходимость использования большего количества ступеней по сравнению с проектом и т. п.). В лучшем случае это мо-

именно в 3D представлении [3, 8, 18, 23, 25, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 40, 41].

Сегодня 3D модели и 3D визуализация считаются в городском планировании более оптимальными и надежными, чем другие традиционные представления пространственных данных [30, 31, 32, 33, 39]. Одним из главных преимуществ 3D модели является её способность реалистично иллюстрировать объективно существующий окружающий мир [25]. Используя 3D модели городов, лица, принимающие решения, и градостроители могут получить четкое представление о том, как будет выглядеть город с точки зрения его распространения и профиля, что невозможно при использовании 2D-картографических данных [3, 23, 27, 34]. На практике приложения 3D моделирования городов ограничены в основном визуализацией данных и инженерных коммуникаций [23, 35]. Причины для неиспользования 3D модели города в процессах городского планирования в целом и проектирования общественных мест городских территорий в частности могут быть либо концептуальными, либо техническими. Концептуальные причины состоят в том, что 3D модели городов не являются полностью необходимым условием для объяснения сложной застроенной среды, а под техническими причинами имеется в виду отсутствие данных, неопределенность их структуры и неадекватность инструментов интеграции для использования 3D модели городов. Современные достижения в инструментах и методах планирования позволяют утверждать, что технических проблем в ближайшем будущем больше не будет, и единственная причина отказа от 3D моделей городов носит только лишь концептуальный характер [30].

Применение 3D ГИС начало оказывать серьезное влияние на профессию планировщика [33, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 40, 41]. 3D ГИС в настоящее время используются для моделирования городской среды и изучения возможных сценариев развития, визуализации альтернативных планов землепользования и оценки их влияния на городскую среду [23, 35, 40]. 3D ГИС модели могут связывать прошлые, настоящие и потенциальные будущие разработки застроенной среды, адекватно отражая реально существующий мир [30, 37, 40, 41]. Так, продемонстрировано применение 3D ГИС для анализа видимости, и сгенерированная модель была использована для оценки правил зонирования в отношении ограничений высоты зданий в США [41]. 3D ГИС и создаваемые в них 3D-модели городов использованы для пространственно-временного анализа застроенной городской среды за период с 1927 по 2000 годы [37, 40]. Органы управления развитием по всему миру создали модели виртуальных городов для контроля и управления городским развитием путем интеграции правил зонирования в имитационные модели [30].

3D модель ГИС с ее визуальными и аналитическими функциями позволяет градостроителям эффективно получать информацию о будущем развитии застроенной территории [23, 30, 33, 36, 37, 40, 41]. Именно использование 3D данных расширило сферу применения пространственных данных в форме 3D ГИС. 3D модели ГИС обычно строятся путем 2D экструзии набора данных ГИС в вертикальном направлении с использованием данных о высоте здания [3, 8, 18, 23, 30]. Поскольку 3D ГИС построены на основе баз данных 2D ГИС, в них появляется широкий спектр возможностей традиционного пространственного анализа, таких как анализ вида, пространственный запрос, а так же 2D и 3D моделирование [20, 23, 25, 30, 31, 39].

Существует острая потребность в разработке инструмента поддержки планирования для достижения желаемых целей и задач, генерирования альтернатив и стимулирования городского развития. 3D модели городов с присущими им визуальными и аналитическими возможностями крайне важны и необходимы в современной практике планирования для лучшего понимания городской среды и более эффективного принятия управленческих решений. Сейчас для этих целей все шире и шире используются возможности искусственных нейронных сетей, нейросетевых моделей и машинного обучения [7, 13, 14, 15, 16, 17, 22].

3D модель города может способствовать повышению эффективности повседневных процессов планирования, позволяя градостроителям понимать нынешнюю городскую среду и представлять ее будущее [33, 34, 41]. Построение 3D модели города, отражающей прошлую, настоящую и будущую городскую среду путем предоставления информации об изменении интенсивности застройки и пропускной способности физической и социальной инфраструктуры, требует дальнейших исследований [4, 33, 37, 40]. Такие 3D модели не только помогают проектировщикам, географам, аналитикам, разработчикам, IT-специалистам, градостроителям проводить расширенный анализ, планировать и принимать решения, но также дают возможность обеспечить прозрачность процесса планирования общественных мест путем эффективного распространения информации о планировании среди широкой общественности.

Топографическую основу по современным нормативным требованиям рекомендуется выполнять в формате трехмерной модели, однако это усложняет проектирование объекта другим специалистами-смежниками. Например, возникают сложности в процессе графической отрисовки. Это происходит в том случае, когда наносимые линии привязываются к точкам, находящимся на различных высотных отметках, из-за чего невозможно произвести точный подсчет площадей покрытий, озеленения и других количественных показателей проектов общественных мест. В качестве решения

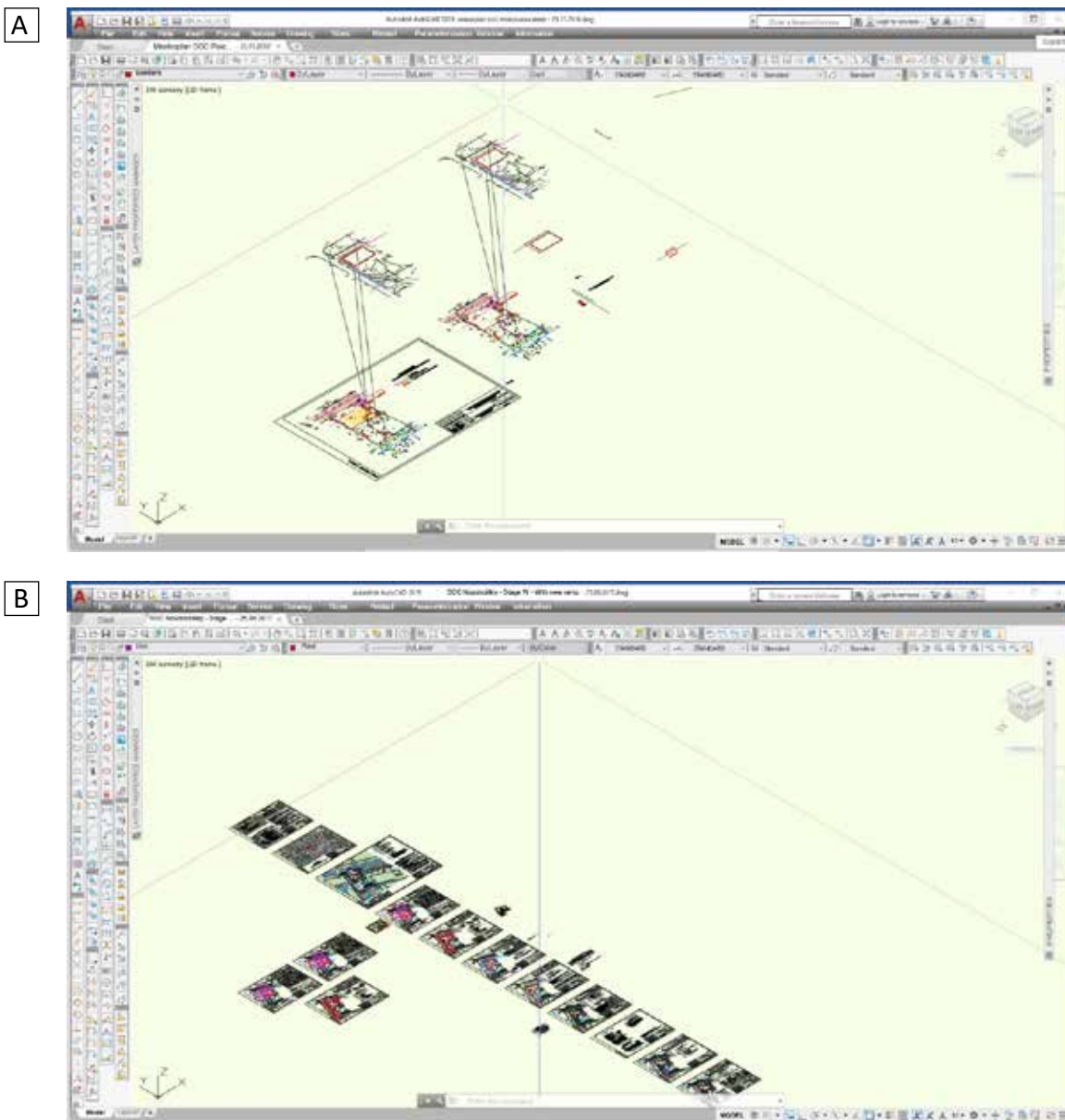
возникшей проблемы можно перед началом проектирования предложить и после согласования результатов топографической съемки с организациями инженерно-технического обеспечения осуществить трансформирование топографической подосновы в 2D формат.

В качестве примера на рисунке 5 продемонстрируем топографические основы, на которых показаны листы документации по объекту «Торгово-офисный центр Новотроицкий», расположенному по улице Полежаева и ограниченному улицами Полежаева, Лесная, Гагарина и переулком Суворова (стадия строительства завершена, ожидается ввод в эксплуатацию).

Кроме отмеченных выше ключевых и наиболее часто встречающихся недостатков, можно выделить целый ряд косвенных проблем, связанных с компьютерным проектированием общественных мест городских территорий в региональных организациях.

Во-первых, это несвоевременная сдача документации из-за неслаженной работы специалистов смежных отделов подрядной проектной организации. Передача некоторых видов работ на субподряд сторонним организациям заметно увеличивает сроки подготовки документации, так как взаимодействие специалистов разных организаций ведется недостаточно тесно, что негативно

Рис. 5. Топографическая основа объекта «Новотроицкий торгово-офисный центр», Саранск: А — трехмерная; В — двумерная
Fig. 5. Topographic basis of the object Novotroitsky trade and office center, Saransk: A — three-dimensional; B — two-dimensional



сказывается на скорости и качестве работы. Кроме того, в проект могут вноситься такие изменения, которые сложно своевременно отражать на чертежах документации. Для решения этой проблемы в составе трудового коллектива необходимо иметь специалистов разного профиля.

Во-вторых, это увеличение сроков проектирования, которое часто происходит по причине отсутствия технических условий для подключения к сетям инженерно-технического обеспечения. Техусловия для подключения инженерных коммуникаций являются важным и необходимым компонентом процесса проектирования, без которого эксплуатация объекта невозможна, и для выхода из такой проблемной ситуации рекомендуется заключение соглашений с организациями сетей инженерно-технического обеспечения, заказчиками и экспертизой.

В-третьих, это многочисленная и перегруженная статистика файлов, когда из-за большого количества графических объектов существенно затрудняется работа с ними. Статистика файла готовой документации включает в среднем 30–50 тыс. графических объектов. В зависимости от размеров участка проектирования, а также от точности и полноты топографической съемки это число может корректироваться — как в одну, так и в другую сторону. Для частичного решения данной проблемы необходимы постоянная модернизация компьютерного оборудования с установкой обновлений программного обеспечения AutoCAD, расширяющих возможности проектирования, а также работа специалистов через сервер.

В-четвертых, это использование штриховок, приводящее к замедлению работы с файлами, так как программа начинает прорисовывать их на каждом этапе масштабирования файла. В таком случае стоит отказаться от использования штриховок в пользу сплошных цветных заливок, что существенно упрощает обработку файлов программой.

В-пятых, это нерациональность внесения изменений в каждый чертеж комплекта отдельно на разных этапах проектирования. Стоит выбрать другую стратегию исполнения документации, где основные элементы подгружаются ссылками, что существенно уменьшает размер файлов и упрощает организацию работы с ними. Это позволяет легко подгружать необходимую топографическую основу и основные элементы проектируемого генерального плана благоустройства общественных мест городских территорий.

В-шестых, это нереконструируемое внесение изменений в архитектурную часть проектируемого объекта. Если модифицируется архитектура, то, соответственно, меняется и конфигурация благоустройства прилегающего участка, что приводит к изменению объемов работ и площадей покрытий.

В-седьмых, это конфликты программного обеспечения. В процессе работы над проектом узкие специалисты, чаще всего, используют разные программы, а при соответствующих переходах от одной программы к другой файл последовательно приобретает и различные нежелательные изменения. Это сбой в масштабировании и привязке графических элементов, передаче цветов и толщин линий, порой даже полное искажение файла вплоть до приведения его в нерабочее состояние из-за конфликтов разных алгоритмов и механики программ. По нашему опыту, этого можно избежать, используя единый набор программного обеспечения для всех участников технологического процесса, ограниченный до разумного минимума, что, правда, не всегда возможно в реалиях региональных проектных организаций.

Существует и ряд проблем лицензионного программного обеспечения в целом. По нашему опыту, наличие и использование проприетарных программ не избавляет специалистов от проблем, возникающих в области решения их профессиональных задач. Кратко обозначим выявленные нами недостатки лицензионных программ геоинформационной направленности, используемых в компьютерном проектировании общественных мест городских территорий, в свою очередь усложняющие работу специалистов:

- накапливающиеся в процессе эксплуатации системные ошибки;
- затрудненный доступ к лицензии (ошибки авторизации при входе, которые не могут быть решены и разработчиками);
- некорректная работа лайт-версий программных продуктов, когда некоторые заявленные базовые функции работают некорректно или не работают вовсе, и невозможность использования некоторых приложений и надстроек;
- необходимость регулярной переустановки программного обеспечения для корректной работы его функций и инструментов (так, со временем становятся некорректными и искажаются текстурные заливки, может измениться их масштаб и контур, перестают работать команды «группа» и «порядок прорисовки объектов» и т. п.);
- некорректное сохранение файлов в формате pdf с искажением цветов и толщин линий чертежей и карт;
- необходимость частого сохранения результатов проделанной работы во избежание потери данных.

Опыт эксплуатации показывает, что «устаревание» лицензионного программного обеспечения (и физическое, и моральное) не позволяет выполнять современные задачи компьютерного проектирования общественных мест городских территорий рационально и быстро, как того требуют календарные

планы и текущий темп работы. Однако для этого не всегда обязательно менять сами программные продукты и их средства, зачастую бывает достаточно внести определенные организационные изменения в тип работы с ними:

- перейти на работу с виртуальными листами, не осуществляя ее исключительно в модели;
- подгружать графическую основу проекта (топосъемку и генеральный план) ссылками, а не делать их «вставку» в виде графических объектов.

Кроме того, стоит отметить, что наиболее качественное и оптимальное решение указанных проблем позволяет осуществлять использование нового поколения современных программных продуктов типа BIM-проектирования (с англ. «Building Information Modeling» — «Информационное моделирование в строительстве», а также сам объект этого моделирования — информационные модели зданий) [4, 9, 15, 21].

Выводы

Примененный геоинформационно-картографический анализ позволяет оценить структуру общественных пространств городских поселений в целом как единую систему, выявить недостающие элементы ее структуры, которые необходимо подсоединить к общей цепочке, выявить структурные центры, соединить их в единое городское пространство.

Кроме того, при помощи продуктов информационной, геоинформационной и смежной направленности можно составить прогнозный план развития общественных мест города с указанием местоположения наиболее перспективных во всех отношениях районов и территорий, которые будут наиболее эффективно выполнять необходимые функции. Материалы дистанционного зондирования в сочетании с их дешифрированием позволяют оценить эффективность принятых проектных решений и необходимость их корректировки [1, 12, 26, 38].

Таким образом, проведенный анализ применения информационных, геоинформационных и смежных технологий компьютерного проектирования общественных мест городских территорий и программных продуктов дает возможность:

- 1) своевременно уточнить и при необходимости откорректировать выбранные приоритеты для прогнозирования и предупреждения возможных негативных тенденций;
- 2) сформировать новые принципы организации проектно-вычислительных процессов, методов представления и обработки данных, включая пространственные;
- 3) усовершенствовать методы описания и анализа предметных областей и математического геоинформационно-картографического моделирования;

4) использовать компьютерное геоинформационно-картографическое моделирование для проектирования общественных мест городских территорий.

В настоящее время программные продукты компании Autodesk, Inc для компьютерного проектирования общественных мест городских территорий в виде программы AutoCAD значительно расширили границы своего применения. Велик и набор специализированных версий систем программного обеспечения разных типов работ для проектирования общественных мест городских территорий: AutoCAD Architecture — для архитекторов; AutoCAD Electrical — для проектировщиков электрических систем управления; AutoCAD MEP — для систем инженерно-технического обеспечения объектов гражданского строительства; AutoCAD Map 3D — для специалистов дорожного подразделения; AutoCAD RasterDesign — для векторизации изображений; AutoCAD Structural Detailing — для проектирования и расчета строительных конструкций; AutoCAD Mechanical — для проектирования в сфере машиностроения; AutoCAD P&ID — для прокладки трасс трубопроводов; AutoCAD Plant 3D — для проектирования технологических объектов. В строительстве очень широко используется программный продукт Autodesk AutoCAD Civil 3D, интегрирующий модуль «Картограмма земляных масс» с функциями производства расчета и оформления плана объемов земляных масс на основе двух поверхностей [11]. Эти программные продукты имеют совместимые форматы для сохранения и редактирования файлов, просты в использовании, надежны и широко применяются в компьютерном проектировании общественных мест городских территорий.

Описанный подход позволяет создать точную и полную виртуальную копию объекта проектирования, с которой одновременно и параллельно работают все задействованные в технологическом процессе проектирования специалисты. Информацию об изменениях конструкторских решений, внесенных в любую часть проекта, все специалисты получают одновременно, и нет необходимости терять дополнительное время на выяснение деталей, частных и объяснения специалистов друг с другом.

Кроме того, использование рассмотренной технологии позволяет многократно расширять возможности проектирования посредством создания специальных функций программы под нужды не только конкретной проектной организации, но и конкретного проекта, по необходимости и при помощи разработчиков BIM. Компания Autodesk, Inc не отставая от современных тенденций, включает BIM-проектирование в свои новые программные продукты, продолжая удерживать лидерство в сфере САПР.

Анализ геоинформационных и смежных технологий компьютерного проектирования общественных мест городских территорий на примере г. Саранска в контексте использования программного продукта AutoCAD показал, что возникают проблемы комплексного характера, и их решение требует комплексного многопланового подхода со стороны проектировщиков, географов, аналитиков, разработчиков, IT-специалистов, градостроителей.

В современный период развития урбанистической ситуации и архитектуры возможно далеко не все. Важность современного компьютерного проектирования общественных мест городских территорий заключается в первую очередь в том, что оно позволяет выделить цели, которых реально можно добиться, например, понять проблемы социально-

экологической организации общественных мест, улучшить их функциональность и экологическую ситуацию, как это уже сделано во многих странах мира. Или понять проблемы объективного и необратимого характера перемен современного городского общества, тяжесть переустройства многих крупных городов, оценить реальные результаты современных урбанистических процессов.

Горизонты урбанистической науки поистине безграничны. Используя современные компьютерные (и в первую очередь геоинформационные) технологии и новые программные продукты, продолжая развивать проектирование в сфере САПР, можно многое сделать в течение ближайших десятилетий XXI в. для оптимизации благоустройства общественных пространств в городах.

Список источников

1. Артемьева О.В., Позднякова Н.А., Гневашев Ф.А. Применение методов геоинформационного картографирования для урбанизированных территорий с использованием данных дистанционного зондирования // Геоинформатика. – 2022. – № 3. – С. 4–14. <https://DOI.org/10.47148/1609-364X-2022-3-4-14>.
2. Большаков Б.Е., Кузнецов О.Л. Инженерия устойчивого развития. – М. : РАЕН, 2012. – 507 с.
3. Горобцов С.Р., Чернов А.В. Трехмерное моделирование и визуализация городских территорий с использованием современных геодезических и программных средств // Вестник СГУиТ. – 2018. – Т. 23. – № 4. – С. 165–179.
4. Гура Т.А., Уткина О.А. Использование BIM технологий в строительстве и проектировании // Научные труды КубГТУ. – 2018. – № 2. – С. 272–284.
5. Еремеев С.В., Егай М.В., Абакумов А.В. Геоинформационная технология для планирования и учета дорожного покрытия // Геоинформатика. – 2022. – № 2. – С. 18–24. <https://DOI.org/10.47148/1609-364X-2022-2-18-24>.
6. Жуков В.Т., Сербенюк С.Н., Тикунов В.С. Математико-картографическое моделирование в географии. – М. : Мысль, 1980. – 224 с.
7. Иванов С.А., Никольская К.Ю., Радченко Г.И., Соколинский Л.Б., Цымблер М.Л. Концепция построения цифрового двойника города // Вестник ЮУрГУ. Серия: Вычислительная математика и информатика. – 2020. – Т. 9. – № 4. – С. 5–23. DOI: 10.14529/ctmse200401.
8. Информационное моделирование объектов промышленного и гражданского строительства / Autodesk. 2014. Режим доступа: https://damassets.autodesk.net/content/dam/autodesk/www/campaigns/metro/img/bim_brochure.pdf (дата обращения: 24.10.2023 г.).
9. Кнауб Р.В., Игнатьева А.В. Использование программы Microsoft Excel для картографирования индикаторов устойчивого развития территорий // Геоинформатика. – 2021. – № 4. – С. 50–56. <https://DOI.org/10.47148/1609-364X-2021-4-50-56>.
10. Куклин Д.Д., Тесленок С.А. Методика расчета объемов земляных масс в строительстве с использованием модуля «Картограмма земляных масс» Civil 3D // Л. Огаревские чтения: материалы Всерос. с междунар. участием науч. конф. (Саранск, 6-11 декабря 2021 г.) : в 3 ч. – Ч. 2: Естественные науки. – Саранск: МГУ им. Н.П. Огарёва, 2022. – С. 524–531.
11. Кустов М.В., Тесленок С.А., Батин Д.А. Применение материалов аэрофотосъемки для изучения рельефа агроландшафтов // Известия ДГПУ. Естественные и точные науки. – 2022. – Т. 16. – № 1. – С. 76–85. DOI: 10.31161/1995-0675-2022-16-1-76-85.
12. Кучуков Р. CityClass project: анализ типов городской застройки при помощи нейросети [Электронный ресурс] // Medium. – 05.04.2017. – Режим доступа: <https://romankuchukov.medium.com/cityclass-project-37a9ebaa1df7> (дата обращения: 24.10.2023).
13. Липка Д. Нейросети и machine learning на службе городов и их жителей [Электронный ресурс] // Rusability. – 17.10.2019. – Режим доступа: <https://rusability.ru/articles/neiroseti-i-machine-learning-na-sluzhbe-gorodov-i-ih-zhitelei/5fd296452dda593c3483ea27> (дата обращения: 24.10.2023).
14. Ложкин Н.Д. BIM-технологии проектирования // Colloquium-journal. – 2020. – № 11-1 (63). – С. 17–20. DOI: 10.24412/2520-6990-2020-1163-17-20.
15. Манухов В.Ф., Ивлиева Н.Г. О построении картографических изображений средствами ГИС-пакетов // Педагогическая информатика. – 2015. – № 1. – С. 55–63.
16. Нейронные сети в проектировании. Основы и применение [Электронный ресурс] / ЭНЭКА. Инженерно-консалтинговая группа компаний. – 09.07.2021. – Режим доступа: <https://eneca.by/novosti/proektirovanie-inzhiniring/neyronnye-seti-v-proektirovanii-osnovy-i-primeneniye?ysclid=lfifmv5u1q956033638> (дата обращения: 24.10.2023).
17. Плуготаренко Н.К., Варнавский А.Н. Применение нейронных сетей для построения модели прогнозирования состояния городской воздушной среды // Инженерный вестник Дона. – 2012. – № 4-2 (23). – С. 10–13.
18. Примаченко Е.И., Сыромятников Д.С. Использование возможностей трехмерного моделирования при создании туристских карт [Электронный ресурс] // Огарев-online. – 2023. – № 2. – Режим доступа: <https://journal.mrsu.ru/arts/ispolzovanie-vozmozhnostej-trexmer-nogo-modelirovaniya-pri-sozdanii-turistskix-kart> (дата обращения: 24.10.2023).
19. Применение нейросетей и машинного обучения в области урбанистики: кратко о главном [Электронный ресурс] // Научно-производственный комплекс «ИНТЕГРАЛ». – 13.04.2022. – Режим доступа: <https://integral-russia.ru/2022/04/13/primeneniye-nejrosetej-i-mashinnogo-obucheniya-v-oblasti-urbanistiki-kratko-o-glavnom/?ysclid=lfifbbkd0797562883> (дата обращения: 24.10.2023).

20. *Пространственный анализ и оценка социально-экономического развития региона* / под ред. А.М. Носонова, И.А. Семиной. – Саранск: Изд-во Мордовского ун-та, 2016. – 228 с.
21. Романова Т.А., Потужная И.Р., Марковский И.Г. BIM-технологии: проектирование, строительство, эксплуатация // Научные труды КубГТУ. – 2019. – № 1. – С. 156–164.
22. Сивков А.А., Колесников А.А. Возможности методов машинного обучения для прогнозирования развития городских территорий // Интерэкспо Гео-Сибирь. – 2020. – Т. 6. – № 2. – С. 77–81. DOI: 10.33764/2618-981X-2020-6-2-77-81.
23. Тесленок К.С. Программы для создания 3D-моделей населенных пунктов // Природно-социально-производственные системы регионов компактного проживания финно-угорских народов. – Саранск: Изд-во Мордовского ун-та, 2011. – С. 304–306.
24. Тесленок К.С. Создание геоинформационного проекта и его использование в целях развития хозяйственных систем // Геоинформационное картографирование в регионах России: материалы VII Всерос. науч.-практич. конф. (Воронеж, 10-12 декабря 2015 г.). – Воронеж: Научная книга, 2015. – С. 134–138.
25. Тесленок С.А., Манухов В.Ф., Тесленок К.С. Цифровое моделирование рельефа Республики Мордовия // Геодезия и картография. – 2019. – Т. 80. – № 7. – С. 30–38. DOI: 10.22389/0016-7126-2019-949-7-30-38.
26. Тикунов В.С., Цапук Д.А. Устойчивое развитие территорий: картографо-геоинформационное обеспечение. – М.: Смоленск: Изд-во СГУ, 1999. – 176 с.
27. Черепанова Е.С., Киселева Е.С., Перминов С.И., Тарасов А.В. Математико-картографическое моделирование в социально-экономическом картографировании: особенности визуализации данных // Географический вестник. – 2017. – № 2 (41). – С.137–147. DOI: 10.17072/2079-7877-2017-2-137-147.
28. Яковенко Н.В. Модель устойчивого развития и социально-экономический мониторинг города // Проблемы региональной экологии. – 2010. – № 3. – С. 118–126.
29. Яковенко Н.В., Велюга И.В. Стратегический мониторинг в системе комплексной программы социально-экономического развития муниципального образования: теоретические подходы // В мире научных открытий. – 2011. – № 4 (16). – С. 262–267.
30. Ahmed F.C., Sekar S.P. Using Three-Dimensional Volumetric Analysis in Everyday Urban Planning Processes // Applied Spatial Analysis and Policy. – 2014. – Vol. 8. – Iss. 4. – P. 393–408. DOI: 10.1007/s12061-014-9122-2.
31. Arsanjani J.J., Helbich M., de Noronha Vaz E. Spatiotemporal simulation of urban growth patterns using agent-based modeling: The case of Tehran // Cities. – 2013. – Vol. 32. – Pp. 33–42. DOI: 10.1016/j.cities.2013.01.005.
32. Beknazarova S.S., Makhmudjonov M.A., Ibodullayev S.N.O. 3D modeling and the role of 3D modeling in our life // World science – 2016. – Vol. 3. – No. 7. – P. 28–31.
33. Chundeli F.A. Using 3D GIS as a Decision Support Tool in Urban Planning [Электронный ресурс] // ICEGOV '17: Proceedings of the 10th International Conference on Theory and Practice of Electronic Governance. – 2017. – P. 401–404. – Режим доступа: https://www.researchgate.net/publication/317202704_Using_3D_GIS_as_a_Decision_Support_Tool_in_Urban_Planning (дата обращения: 04.01.2023). DOI: 10.1145/3047273.3047360.
34. Jauhari S.C. Emerging Challenges and Strategies for Planning and Urban Development // Sixty National town & country planners congress : planning and development, 2025 : challenges and reforms : technical papers (6th - 8th January, 2012 Mysore). – Vol. 1. – New Delhi, Institute of Town Planners: 2012. – P. 13–17.
35. Lammeren R. van, Houtkamp J., Colijn S., Hilferink M., Bouwman A. Affective appraisal of 3D land use visualization // Computers, Environment and Urban Systems. – 2010. – Vol. 34. – Iss. 6. – P. 465–475. DOI: 10.1016/j.compenvurbsys.2010.07.001.
36. Luan X.-D., Xie Y.-X., Ying L., Wu L.-D. Research and Development of 3D Modeling // International Journal of Computer Science and Network Security. – 2008. – No 8. – Iss. 1. – P. 49–53.
37. Shiode N. 3D urban models: Recent developments in the digital modelling of urban environments in three-dimensions // GeoJournal. – 2000. – Vol. 52. – P. 263–269. DOI: 10.1023/A:1014276309416.
38. Sivasamy M., Mutthaiah A.B., Senthilraj M., Balaji V., Banukumar K.D. Urban visualization – A case study of Vadaj, Ahmadabad, India // International Journal of Advances in Remote Sensing and GIS. – 2012. – Vol. 1. – No. 1. – P. 31–39.
39. Xia Z., Qing Z., Wang J. 3D City Models Based Spatial Analysis to Urban Design // Geographic Information Sciences. – 2004. – Vol. 10. – Iss. 1. – P. 82–86. DOI: 10.1080/10824000409480658.
40. Yin L. Integrating 3D Visualization and GIS in Planning Education // Journal of Geography in Higher Education. – 2010. – Vol. 34. – Iss. 3. – P. 419–438. DOI: 10.1080/03098260903556030.
41. Yin L., Hastings J. Capitalizing on Views: Assessing Visibility Using 3D Visualization and GIS Technologies for Hotel Development in the City of Niagara Falls, USA // Journal of Urban Technology. – 2007. – Vol. 14. – Iss. 3. – P. 59–82. DOI: 10.1080/10630730801927483.

References

1. Artemeva O.V., Pozdnjakova N.A., Gnevashev F.A. Application of geoinformation mapping methods for urbanized territories using remote sensing data. *Geoinformatika*. 2022;3:4–14. <https://DOI.org/10.47148/1609-364X-2022-3-4-14>.
2. Bol'shakov B.E., Kuznetsov O.L. *Inzheneriya ustoychivogo razvitiya* [Sustainable Development Engineering]. Moscow: RAEN; 2012. 507 p.
3. Gorobtsov S.R., Chernov A.V. 3D-modeling and visualization of urban territories with use of modern geodetic and programming means. *Vestnik of the Siberian State University of Geosystems and Technologies*. 2018;23(4):165–179.
4. Gura T.A., Utkina O.A. Using BIM technologies in construction and designing. *Scientific Works of the Kuban State Technological University*. 2018;(2):272–284.
5. Ereemeev S.V., Egai M.V., Abakumov A.V. Geoinformation technology for road surface planning and accounting. *Geoinformatika*. 2022;(2):18–24. <https://DOI.org/10.47148/1609-364X-2022-2-18-24>.
6. Zhukov V.T., Serbenyuk S.N., Tikunov V.S. *Matematiko-kartograficheskoe modelirovanie v geografii* [Mathematical and cartographic modelling in geography]. Moscow: Mysl'; 1980. 224 p.
7. Ivanov S.A., Nikolskaya K.Yu., Radchenko G.I., Sokolinsky L.B., Zymbler M.L. Digital Twin of a City: Concept Overview. *Bulletin of the South Ural State University. Series: Computational Mathematics and Software Engineering*. 2020;9(4):5–23. DOI: 10.14529/cmse200401.
8. *Informatsionnoe modelirovanie ob"ektov promyshlennogo i grazhdanskogo stroitel'stva* [Information modeling of industrial and civil construction objects]. 2014. Available at: https://damassets.autodesk.net/content/dam/autodesk/www/campaigns/metro/img/bim_brochure.pdf (accessed 24.10.2023).
9. Knaub R.V., Ignatieva A.V. Using Microsoft Excel for mapping indicators of sustainable development of territories. *Geoinformatika*. 2021;(4):50–56. <https://DOI.org/10.47148/1609-364X-2021-4-50-56>.

10. Kuklin D.D., Teslenok S.A. Methodology for calculating the volume of earth masses in construction using the module "Cartogram of earth masses" Civil 3D. In: L Ogarevskie chteniya: materialy Vseros. s mezhdunar. uchastiem nauch. konf. (Saransk, 6-11 December 2021): in 3 pts. Pt. 2: Estestvennye nauki. Saransk: MGU im. N.P. Ogareva, 2022. pp. 524–531.
11. Kustov M.V., Teslenok S.A., Batin D.A. Aerial photography materials in the study of the agricultural landscapes relief (territory of Saransk urban district, the Republic of Mordovia). *Dagestan State Pedagogical University Journal. Natural and exact sciences*. 2022;16(1):76–85. DOI: 10.31161/1995-0675-2022-16-1-76-85.
12. Kuchukov R. CityClass project: analiz tipov gorodskoi zastroiki pri pomoshchi neirosedi [CityClass project. Analysis of types of urban development using a neural network]. *Medium*. 05.04.2017. Available at: <https://romankuchukov.medium.com/cityclass-project-37a9ebaa1df7> (accessed 24.10.2023).
13. Lipka D. Neirosedi i machine learning na sluzhbe gorodov i ikh zhitelei [Neural networks and machine learning at the service of cities and their residents]. *Rusability*. 7.10.2019. Available at: <https://rusability.ru/articles/neirosedi-i-machine-learning-na-sluzhbe-gorodov-i-ih-zhitelei/5fd296452dda593c3483ea27> (accessed 24.10.2023).
14. Lozhkin N.D. BIM design technologies. *Colloquium-journal*. 2020;11-1(63):17–20. DOI: 10.24412/2520-6990-2020-1163-17-20.
15. Manuxov V.F., Ivlieva N.G. About creation of cartographical images by means of GIS-packages. *Pedagogical Informatics*. 2015;(1):55–63.
16. Neironnye seti v proektirovanii. Osnovy i primenenie [Neural networks in design. Basics and application]. 09.07.2021. Available at: <https://eneca.by/novosti/proektirovanie-inzhiniring/neyronnye-seti-v-proektirovanii-osnovy-i-primenenie?ysclid=lfifmv5u1q956033638> (accessed 24.10.2023).
17. Plugotarenko N.K., Varnavskiy A.N. Application of neural networks to build prediction model of urban air pollution. *Engineering journal of Don*. 2012;4-2(23):10–13.
18. Primachenko E.I., Syromyatnikov D.S. Ispol'zovanie vozmozhnostei trekhmernogo modelirovaniya pri sozdanii turistskikh kart [Using 3D modeling in tourist map making]. *Ogarev-online*. 2023;(2):1–10. Available at: <https://journal.mrsu.ru/arts/ ispolzova-nie-vozmozhnostej-trekhmernogo-modelirovaniya-pri-sozda-nii-turistskix-kart> (accessed 24.10.2023).
19. Primenenie neirosedi i mashinnogo obucheniya v oblasti urbanistiki: kratko o glavnom [Application of neural networks and machine learning in the field of urban studies: briefly about the main thing]. In: RPC INTEGRAL Ltd. 13.04.2022. Available at: <https://integral-russia.ru/2022/04/13/primenenie-neirosedi-i-mashinnogo-obucheniya-v-oblasti-urbanistiki-kratko-o-glavnom/?ysclid=lfifbbkd0797562883> (accessed 24.10.2023).
20. Nosonov A.M., Semina I.A. (eds.) Prostranstvennyi analiz i otsenka sotsial'no-ehkonomicheskogo razvitiya regiona [Spatial analysis and assessment of socio-economic development of the region]. Saransk: Saransk: Izd-vo Mordovskogo un-ta; 2016. 228 p.
21. Romanova T.A., Postuzhnaya I.R., Markovskii I.G. BIM-technologies: designing, construction, operation. *Scientific Works of the Kuban State Technological University*. 2019;1:156–164.
22. Sivkov A.A., Kolesnikov A.A. Possibilities of machine learning methods for forecasting the development of urban territories. *Interexpo GEO-Siberia*. 2020; 6(2):77–81. DOI: 10.33764/2618-981X-2020-6-2-77-81.
23. Teslenok K.S. Programmy dlya sozdaniya 3D-modelei naselennykh punktov [Programs for the creation of 3 D-models of settlements] In: Prirodno-sotsial'no-proizvodstvennye sistemy regionov kompaktnogo prozhivaniya finno-ugorskikh narodov. Saransk: Izd-vo Mordovskogo un-ta, 2011. pp. 304–306.
24. Teslenok K.S. Sozdanie geoinformatsionnogo projekta i ego ispol'zovanie v tselyakh razvitiya khozyaistvennykh sistem [Creation of the geoinformation project and its use for the development of economic systems]. In: Geoinformatsionnoe kartografirovaniye v regionakh Rossii: materialy VII Vseros. nauch.-praktich. konf. (Voronezh, 10-12 December 2015). Voronezh: Nauchnaya kniga; 2015. pp. 134–138.
25. Teslenok S.A., Manukhov V.F., Teslenok K.S. Digital elevation modeling of the Republic of Mordovia. *Geodezia i kartografiya*. 2019;80(7):30–38. DOI: 10.22389/0016-7126-2019-949-7-30-38.
26. Tikunov V.S., Tsapuk D.A. Ustoichivoe razvitie territorii: kartografo-geoinformatsionnoe obespechenie [Sustainable development of territories: cartographic and geoinformation support]. Moscow, Smolensk: SGU; 1999. 176 p.
27. Cherepanova E.S., Kiseleva E.S., Perminov S.I., Tarasov A.V. Mathematical-cartographic modeling in socio-economic mapping: peculiarities of data visualization. *Geographical bulletin*. 2017;2(41):137–147. DOI: 10.17072/2079-7877-2017-2-137-147.
28. Yakovenko N.V. The model of sustainable development and socio-economic monitoring of the city. *Regional Environmental Issues*. 2010;(3):118–126.
29. Yakovenko N.V., Veluga I.V. Strategic monitoring in system of integrated program of socio-economic development of the municipal education: theoretical approaches. *In the world of scientific discoveries*. 2011;4(16):262–267.
30. Ahmed F.C., Sekar S.P. Using Three-Dimensional Volumetric Analysis in Everyday Urban Planning Processes. *Applied Spatial Analysis and Policy*. 2014;8(4):393–408. DOI: 10.1007/s12061-014-9122-2.
31. Arsanjani J.J., Helbich M., Vaz E. Spatiotemporal simulation of urban growth patterns using agent-based modeling: The case of Tehran. *Cities*. 2013;32:33–42. DOI: 10.1016/j.cities.2013.01.005.
32. Beknazarova S.S., Maxammadjonov M.A., Ibodullayev S.N.O. 3D modeling and the role of 3D modeling in our life. *World science*. 2016;3(7):28–31.
33. Chundeli F.A. Using 3D GIS as a Decision Support Tool in Urban Planning. In: ICEGOV '17: Proceedings of the 10th International Conference on Theory and Practice of Electronic Governance. 2017. P. 401–404. Available at: https://www.researchgate.net/publication/317202704_Using_3D_GIS_as_a_Decision_Support_Tool_in_Urban_Planning (accessed 04.01.2023). DOI: 10.1145/3047273.3047360
34. Jauhari S.C. Emerging Challenges and Strategies for Planning and Urban Development. In: Sixty National town & country planners congress: planning and development, 2025: challenges and reforms: technical papers (6th- 8th January, 2012 Mysore). Vol. 1. New Delhi, Institute of Town Planners: 2012. pp. 13–17.
35. Lammeren R., Houtkamp J., Colijn S., Hilferink M., Bouwman A. Affective appraisal of 3D land use visualization. *Computers, Environment and Urban Systems*. 2010;34(6):465–475. DOI: 10.1016/j.compenvurbsys.2010.07.001.
36. Luan X.-D., Xie Y.-X., Ying L., Wu L.-D. Research and Development of 3D Modeling. *International Journal of Computer Science and Network Security*. 2008;8(1):49–53.

37. Shiode N. 3D urban models: Recent developments in the digital modelling of urban environments in three-dimensions. *GeoJournal*. 2000;52:263–269. DOI: 10.1023/A:1014276309416.
38. Sivasamy M., Mutthaiah A.B., Senthilraj M., Balaji V., Banukumar K.D. Urban visualization – A case study of Vadaj, Ahmadabad, India. *International Journal of Advances in Remote Sensing and GIS*. 2012;1(1):31–39.
39. Xia Z., Qing Z., Wang J. 3D City Models Based Spatial Analysis to Urban Design. *Geographic Information Sciences*. 2004;10(1):82–86. DOI: 10.1080/10824000409480658.
40. Yin L. Integrating 3D Visualization and GIS in Planning Education. *Journal of Geography in Higher Education*. 2010;34(3):419–438. DOI: 10.1080/03098260903556030.
41. Yin L., Hastings J. Capitalizing on Views: Assessing Visibility Using 3D Visualization and GIS Technologies for Hotel 41. Development in the City of Niagara Falls, USA. *Journal of Urban Technology*. 2007;14(3):59–82. DOI: 10.1080/10630730801927483.

Статья поступила в редакцию 05.05.2023, одобрена после рецензирования 27.09.2023, принята к публикации 10.10.2023.
The article was submitted 05.05.2023; approved after reviewing 27.09.2023; accepted for publication 10.10.2023.

Информация об авторах

Семина Ирина Анатольевна

Кандидат географических наук
Заведующий кафедрой физической и социально-экономической географии
Национальный исследовательский Мордовский государственный университет им. Н.П. Огарёва
430005 Саранск, ул. Большевикская, д. 68
e-mail: isemina@mail.ru
ORCID 0000-0002-7468-3102

Малахова Ольга Евгеньевна

Аспирант кафедры физической и социально-экономической географии
Национальный исследовательский Мордовский государственный университет им. Н.П. Огарёва
430005 Саранск, ул. Большевикская, д. 68
e-mail: masterplan-landscape@yandex.ru
ORCID 0009-0001-1732-1922

Тесленок Сергей Адамович

Кандидат географических наук
Доцент Высшей экологической школы
Югорский государственный университет
628012 Ханты-Мансийск, ул. Чехова, д. 16
Доцент кафедры геодезии, картографии и геоинформатики
Национальный исследовательский Мордовский государственный университет им. Н.П. Огарёва
430005 Саранск, ул. Большевикская, д. 68
e-mail: teslserg@mail.ru
ORCID 0000-0001-6691-3724
SPIN 4123-4836

Яковенко Наталия Владимировна

Доктор географических наук
Директор НИИ «Инновационных технологий и лесного комплекса» Федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова»
394087 Воронеж, ул. Тимирязева, д. 8
e-mail: n.v.yakovenko71@gmail.com
ORCID 0000-0003-4203-0040

Information about authors

Irina A. Semina

Candidate of Geographical Sciences
Head of the Department of Physical and Social- Economic Geography
National Research Mordovia State University
named after N.P. Ogarev
68, Bolshevistskaya Str., Saransk, 430005, Russia
e-mail: Isemina@mail.ru
ORCID 0000-0002-7468-3102

Olga E. Malakhova

Postgraduate student of the Department of Physical and Socio-Economic Geography
National Research Mordovia State University
named after N.P. Ogarev
68, Bolshevistskaya Str., Saransk, 430005, Russia
e-mail: masterplan-landscape@yandex.ru
ORCID 0009-0001-1732-1922

Sergey A. Teslenok

Candidate of Geographical Sciences
Associate Professor of the Higher Ecological School
Yugra State University
16, Chekhov Str., Khanty-Mansiysk, 628012, Russia
Associate Professor of the Department of Geodesy, Cartography and Geoinformatics
National Research Mordovia State University
named after N.P. Ogarev
68, Bolshevistskaya Str., Saransk, 430005, Russia
e-mail: teslserg@mail.ru
ORCID 0000-0001-6691-3724
SPIN 4123-4836

Nataliya V. Yakovenko

Doctor of Geography
Professor, Director of the Research Institute of Innovative Technologies and the Forestry Complex of the Voronezh State University Forestry and Technologies named after G.F. Morozov
8, Timiryazev Str., Voronezh, 394087, Russia
e-mail: n.v.yakovenko71@gmail.com
ORCID 0000-0003-4203-0040