

УДК 004.8+ [624:69]

DOI 10.33764/2411-1759-2023-28-4-138-149

## Методы интеллектуального анализа территории при строительстве объектов дорожного транспорта

*А. М. Рыбкина<sup>1\*</sup>, П. М. Демидова<sup>2</sup>, Е. С. Коробицына<sup>2</sup>*

<sup>1</sup> Петербургский государственный университет путей сообщения Императора Александра I, г. Санкт-Петербург, Российская Федерация

<sup>2</sup> Санкт-Петербургский горный университет, г. Санкт-Петербург, Российская Федерация

\* e-mail: alina\_rybkina@mail.ru

**Аннотация.** Статья посвящена изучению особенностей формирования полосы отвода для размещения объектов дорожного транспорта. Сформулирован порядок отвода земель при строительстве линейных объектов, а также определены основные проблемы, с которыми сталкиваются проектировщики при подготовке проекта планировки и проекта межевания территории, и кадастровые инженеры – при оформлении межевых планов по формированию земельных участков под дорогой для их постановки на государственный кадастровый учет. Определены возможности применения методов искусственного интеллекта для упрощения работы специалистов, сокращения времени проектирования одного объекта, в частности, предлагается использовать компьютерное зрение для проектирования полосы отвода дороги, а также установлены наиболее корректные методы интеллектуального анализа территории при осуществлении отвода земельных участков для строительства линейных объектов. Предложенные методы позволяют сократить время работы специалистов, уменьшить количество повторяющихся операций и минимизировать число случайных ошибок при строительстве и формировании земельных участков объектов дорожного транспорта.

**Ключевые слова:** искусственный интеллект, нейронные сети, интеллектуальный анализ, машинное обучение, компьютерное зрение, земельные участки, строительство, охранные зоны, придорожные полосы

### *Введение*

В последнее время во многие сферы жизни тем или иным образом внедряется искусственный интеллект. Это связано с модернизацией технологий, развитием человеческого общества и сменой его приоритетов, а также желанием менеджеров избавиться от рутинной, монотонной и однообразной работы, чтобы освободить время для решения стратегических задач компании, увеличить объемы производства, уменьшить затраты времени для работы с одним объектом, и, более того, экономить средства предприятия [1–3].

Искусственный интеллект активно развивается в строительстве. Его методы используются для контроля качества и скорости работы, для хранения, обработки и управления проектной и иной документацией, для оптимизации процесса строительства (например, генеративный дизайн) [4–8]. Также находят применение BIM-моделирование, агрегирующее

всю информацию о реальном объекте в компьютерной модели, позволяющее создать проектную документацию высокого качества, проверить эксплуатационные свойства объекта, более того, в полной мере контролировать весь процесс строительства и эксплуатации здания [9–11].

Строительство линейных объектов, таких как автомобильные и железные дороги, имеет собственные особенности и сложности. Как известно, помимо самого объекта капитального строительства, автомобильные и железные дороги включают в себя полосу отвода, то есть земельные участки, предназначенные для размещения конструктивных элементов дороги, дорожных сооружений, объектов дорожного сервиса.

В соответствии с нормами градостроительного и земельного законодательства Российской Федерации выдача разрешения на строительство линейного объекта осуществляется на основании утвержденных проектов

планировки и межевания территории. Стоит заметить, что в связи с тем, что линейные объекты имеют большую протяженность, а природно-климатические характеристики регионов, на территории которых такие объекты размещаются, подвержены изменениям, разработка проекта строительства дороги предшествует разработке проектов планировки и межевания территории [12–14].

Наиболее трудоемким, долгим и энергозатратным этапом при разработке проектов планировки и межевания территории является процесс установления границ полосы отвода дороги: сначала формируются границы отвода для всего объекта, а затем происходит их уточнение в рамках детального проектирования. Пространственное положение и размеры полосы отвода регулируются нормами законодательства в зависимости от категории и назначения дороги, а помимо этого зависят от множества иных переменных факторов, имеющих характер индивидуальных проектных решений, таких как: нормы отвода, установленные конкретным субъектом Российской Федерации, объемы насыпи и выемки, наличие дополнительных полос движения (для автомобильных дорог) в различных условиях, отличающаяся крутизна откосов и другие особенности, в связи с чем следует сказать, что унифицировать и полностью автоматизировать процесс формирования полосы отвода не представляется возможным [15, 16].

### ***Материалы и методы***

Необходимо иметь в виду, что проектирование дороги происходит в основном на территориях с устоявшейся структурой землепользования, где земельные участки уже стоят на кадастровом учете. При формировании земельного участка под дорогу может быть затронуто большое количество иных земельных участков различных категорий, их количество может варьироваться от десятков до сотен, они могут принадлежать правообладателям как на праве частной или долевой собственности, так и на праве аренды, при этом границы таких участков могут не пересекаться на местности с полосой отвода, но иметь пересечение на кадастровой карте,

а специалисту необходимо вручную производить анализ таких участков, определять вид разрешенного использования, выяснять минимально допустимые размеры для определения делимости участка, образовывать части таких участков, согласовывать положение полосы отвода дороги с огромным количеством смежных землепользователей, найти которых в полном объеме весьма затруднительно, а в некоторых случаях невозможно вовсе. На рис. 1 представлен фрагмент сформированной полосы отвода автомобильной дороги, где выделены границы полосы отвода, ось автомобильной дороги, обозначены кадастровые номера и границы земельных участков, подлежащих постановке на учет в результате раздела под изъятие, а также кадастровые номера и границы участков, существовавших до строительства дороги.

Проектировщику следует учесть множество факторов, чтобы с наименьшими затратами проложить новую дорогу, так как может понадобиться изъятие смежных земельных участков, перевод их из одной категории в другую, что непосредственно связано с экономическими потерями для заказчика работ. Также проектировщику следует придерживаться принципа рационального использования земель, избегать возникновения реестровых ошибок. Более того, границы полос отвода невозможно установить на местности. Еще одна сложность заключается в необходимости формирования мелкоконтурных земельных участков, что связано с раздробленностью территорий под существующими дорогами, имеющими статус в Едином государственном реестре недвижимости (ЕГРН) «Ранее учтенный земельный участок без уточнения границ», площадь таких участков подписана зеленым цветом на рис. 2.

Проектировщик может столкнуться с двумя случаями:

1) смежный земельный участок стоит на кадастровом учете с декларированной площадью, значит, сведения о нем внесены в ЕГРН по данным исходных правоустанавливающих документов;

2) смежный земельный участок имеет площадь и границы, определенные в процессе межевания.



В первом случае специалисту требуется образовать земельный участок под полосой отвода и уточнить часть смежного участка с декларированной площадью, при этом площадь смежного участка в ЕГРН не изменится.

Во втором случае происходит исправление реестровой ошибки. В той и другой ситуации специалист обязан найти всех собственников земельных участков, уведомить их о том, что принадлежащие им земельные участки попадают в полосу отвода существующего линейного объекта, направив соответствующий комплект документов. При изменении положения земельных участков также необходимо подписание акта согласования со всеми смежными землепользователями. Описанный процесс требует от специалиста больших затрат времени на монотонные повторяющиеся операции. В случае если собственник смежного с полосой отвода земельного участка отказывается от повторного межевания, то вопрос решается в судебном порядке.

Также в связи с действием на территории Российской Федерации упрощенного порядка регистрации прав на земельные участки для личного подсобного хозяйства и индивидуального жилищного строительства и объекты недвижимого имущества, расположенные на них, называемого дачной амнистией, большое количество собственников заняли территории полос отвода дорог, а отследить захват таких территорий не представляется возможным, так как границы, конфигурация и площадь земельных участков под дорогой и необходимых для ее эксплуатации не установлены на местности и зависят от многих факторов.

В рамках разработки проектов планировки и межевания территории специалистами предлагаются мероприятия по рекультивации и восстановлению нарушенных земель, которым наносится ущерб при их временном занятии на период строительства непосредственно. Размер таких земель, величину ущерба, способы и мероприятия защиты, а также экономические затраты необходимо предусмотреть заранее.

При проектировании новой дороги разрабатывают несколько вариантов ее размещения для того, чтобы выбрать экономически

более выгодный. Однако в нашей стране распространена ситуация, когда строительство автомобильной дороги осуществляется на основании уже существующей грунтовой дороги, которая не является объектом недвижимости и не стоит на кадастровом учете. В таком случае проектом межевания территории предусматривается один вариант проложения новой трассы в связи с тем, что принципы трассирования определены и стеснены существующей грунтовой дорогой.

Далее кадастровому инженеру необходимо подготовить межевой план для постановки на кадастровый учет земельных участков под дорогой, который зачастую очень большой по объему, что также усложняет работу кадастрового инженера и представитель органов регистрации права.

Постановка на кадастровый учет объекта капитального строительства – сооружения дороги – осуществляется по завершении строительства на основании технического плана. В этом случае кадастровому инженеру требуется выехать на местность, чтобы составить акты осмотра дорог, произвести геодезические изыскания, найти начало и конец трассы, произвести фотофиксацию.

Особенности, связанные с отводом земельных участков под дороги, требуют полного и грамотного учета огромного числа факторов и особенностей со стороны проектировщиков, кадастровых инженеров, оценщиков и других специалистов, однако они также представляют собой большой набор разрозненных данных, представленных в различных формах, так называемые BigData [17–20]. Для поддержки и принятия решений, анализа, а также представления таких данных в простом и понятном виде требуется применение методов DataMining [21].

В связи с вышеизложенным, целью исследования является обоснование необходимости и доказательство возможности применения методов интеллектуального анализа и искусственного интеллекта при осуществлении отвода земельных участков для строительства линейных объектов, а также определение наиболее корректных методов интеллектуального анализа территории для проведения данных процедур.

Совокупность методов обнаружения в имеющихся данных информации, необходимой для поддержки и принятия решений, поиска закономерностей, в данном случае, для получения выводов о земельных участках, попадающих в полосы отвода линейных объектов, называются DataMining [21].

1. На первом этапе при проектировании полосы отвода дороги целесообразным является применение технологии компьютерного зрения на основе данных регулярно обновляющихся спутниковых карт, при этом при грамотном обучении нейросети возможно с точностью, достаточной для проведения работ, установить наличие боковых резервов, рассчитать крутизну откосов, уменьшить вероятность допущения ошибок, связанных с размещением объекта [22–24]. Очевидно, что расположение линейных объектов отличается большой протяженностью – сотни и тысячи километров, однако применение указанной технологии позволяет экономить время и денежные средства, так как теряется необходимость выезда специалистов на местность.

2. На этапе разработки в рамках проекта планировки и межевания территории нескольких вариантов размещения линейного объекта перед специалистом стоит сложная и трудоемкая задача по выбору наилучшего варианта размещения на основании технико-экономических показателей. Перечень таких показателей является индивидуальным для различных объектов и методики, которой придерживается исполнитель. К ним могут относиться рыночная стоимость изымаемых земельных участков (для возмещения убытков), количество затрагиваемых правообладателей, убытки, связанные с временным занятием и рекультивацией земель и др.; эти показатели будут являться исходными данными для проведения корреляционно-регрессионного анализа [25]. Образец технико-экономических показателей, оцененных по трем вариантам размещения автомобильной дороги представлен в таблице.

Для того чтобы количественно выразить степень влияния технико-экономических показателей (критериальных переменных  $X_i$  на выбор наилучшего варианта размещения ли-

нейного объекта – предиктора  $Y_i$ ), требуется составить корреляционную таблицу и получить матрицу коэффициентов корреляции ( $r$ ) по взаимосвязям между всеми показателями. По результатам качественной оценки силы установленных связей определяются показатели, оказывающие наибольшую и наименьшую степень влияния на размещение объекта согласно пожеланиям конкретного заказчика работ. Следующим этапом является получение уравнения регрессии, где коэффициенты уравнения укажут на степень влияния показателя на удачность варианта размещения, на основании чего специалист легко определит наилучший вариант размещения линейного объекта в каждой конкретной ситуации.

3. Применительно к выбранному варианту размещения на основе данных кадастрового плана территории (КПТ) о земельных участках и анализа близости объектов по пространственному положению с использованием геоинформационных систем (ГИС) [26, 27] определяется попадание в границы полосы отвода дороги участков смежных землепользователей и формируется схема наложения земельных участков, где штриховкой показывают границы наложения и подписывают его площадь (рис. 3).

4. Такие участки требуется классифицировать (классификация является одним из методов DataMining) на две группы в зависимости от того, является ли участок с декларированной площадью или его площадь и границы установлены.

Классификация подразумевает предварительное обучение выборки согласно входным данным [28]. В этом случае для обучения выборки к входным данным следует отнести вид площади (общая или декларированная), а идентификацию земельных участков производить по кадастровому номеру. В связи с тем, что кадастровый план территории содержит в виде таблицы сведения о кадастровых номерах земельных участков в пределах квартала, значении и виде, появляется возможность применения аппарата алгоритма обучения деревьев решений C4.5 для разбиения земельных участков на классы. Такой алгоритм имеет следующие требования для применения:

– данные должны быть хорошо структурированы, строки должны содержать один и тот же набор атрибутов;

– один из атрибутов должен быть определен как целевой, то есть атрибут класса;

– число классов при обучении должно быть намного меньше числа строк.

Создается «пустое» дерево, содержащее все обучающее множество, выбирается атрибут, в данном случае «общая площадь», и формулируются правила, разбивающие исходное множество, в данном случае «отсутствие значения общей площади». Процедура повторяется до остановки обучения.

В результате получаем два подмножества: земельных участков с декларированной площадью и участков с установленными границами.

Применение указанного метода обосновано возможностью работы с числовыми значениями, а также возможностью осуществления выборки при отсутствии некоторых значений атрибутов.

По результатам классификации специалист получает списки земельных участков, что упрощает дальнейшую обработку сведений о них, так как появляется возможность работы с каждым классом по отдельности.

Образец перечня технико-экономических показателей для оценки наилучшего варианта размещения линейного объекта

Показатели	Значение показателей по вариантам			
	Ед. изм.	1	2	3
Общая площадь земельного участка под строительство несельскохозяйственного объекта	га	13,84	12,96	12,95
Площадь изымаемого (-ых) земельного (-ых) участка (-ов) – всего, в том числе по угодьям:	га	11,38	10,38	10,64
пашня	га	7,06	3,99	9,32
пастбище	га	3,53	3,53	0,21
сенокос	га	0,58	0,59	0,08
лес	га	0,19	–	–
прочие земли	га	0,02	2,27	1,03
Площадь временно занимаемых участков – всего, в том числе по угодьям:	га	2,46	2,58	2,31
пашня	га	1,42	1,1	1,93
пастбище	га	0,85	0,86	0,05
сенокос	га	0,13	0,15	0,04
лес	га	0,05	–	–
прочие земли	га	0,01	0,47	0,29
Количество затрагиваемых правообладателей	кол-во	535	760	311
Стоимость размера возмещения – всего	тыс. руб.	26079,671	19244,515	18558,864
Рыночная стоимость	тыс. руб.	76,034	66,539	67,558
Упущенная выгода	тыс. руб.	25848	18976,2	18369,5
Убытки, связанные с временным занятием и рекультивацией	тыс. руб.	45,197	39,425	39,059
Убытки, связанные с ограничением прав собственников	тыс. руб.	110,44	162,351	82,747

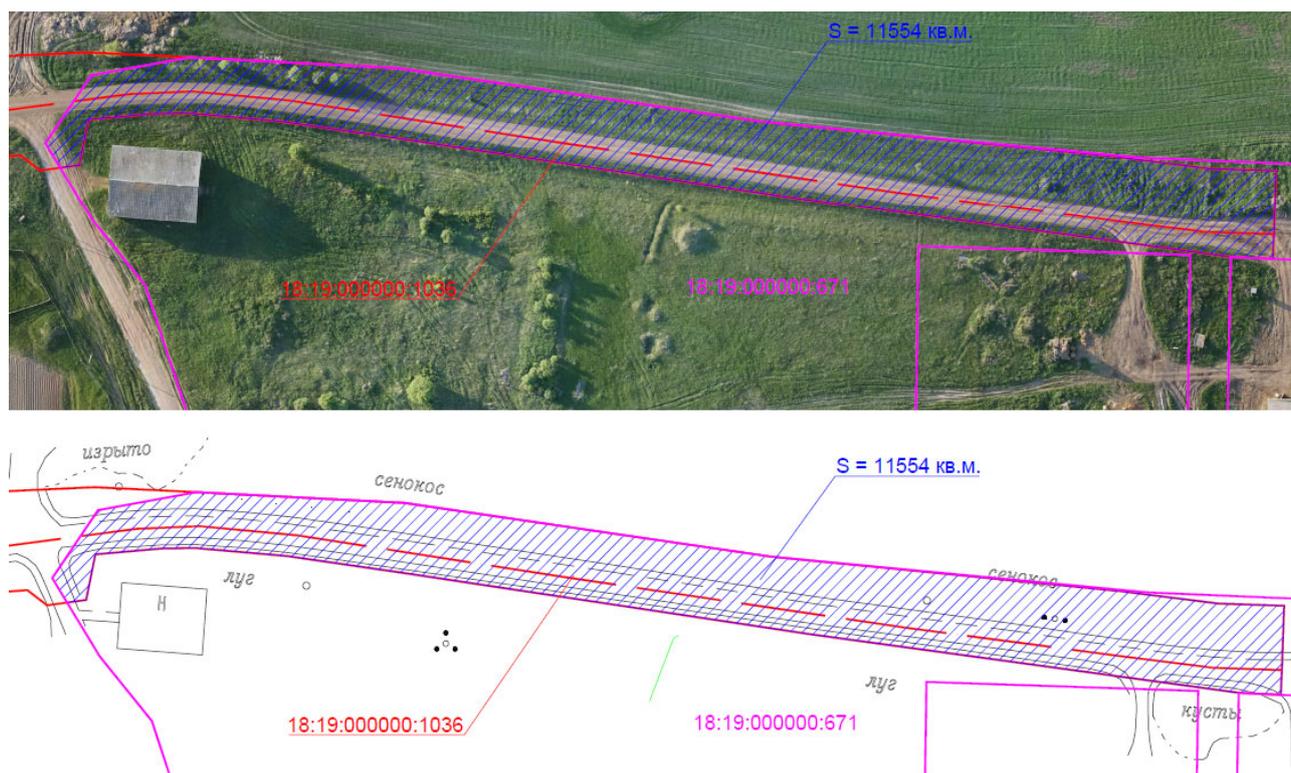


Рис. 3. Схема наложения земельного участка на полосу отвода автомобильной дороги

5. В связи с тем, что автоматизация обработки BigData в области земельных отношений на текущий момент времени является довольно сложной задачей, кадастровому инженеру требуется вручную заказать выписки из Единого государственного реестра недвижимости на земельные участки с целью нахождения правообладателей.

Однако каждая выписка из ЕГРН на земельный участок имеет одинаковую структуру и удобную табличную форму, следовательно, методы NaturalLanguageProcessing (NLP) позволяют применить алгоритм машинного обучения [29] для извлечения из выписки формы собственности на земельный участок, адреса правообладателя, его имени (рис. 4).

1.	Правообладатель (правообладатели):	1.1.	Г	В	В
2.	Вид, номер и дата государственной регистрации права:	2.1.	Собственность, № 47-		/1 от 29.04.201
Адрес:		Ленинградская область, Всеволожский муниципальный район, Заневское городское поселение, д. Заневка, ул. Ладожская, з/у 56а			

Рис. 4. Данные о правообладателе смежного земельного участка

6. Для направления документов правообладателю земельного участка в имеющуюся базу данных извлекаются фамилия, имя и отчество собственника в именительном падеже, автоматически формируется вариация в дательном падеже, вид и реквизиты государственной регистрации права на объект недвижимости, а также адрес, по которому направляется комплект документов. Указанные данные исполь-

зуются для заполнения соответствующих обращений без участия исполнителя.

### Результаты

Применение вышеописанных методов при отводе земель под строительство дорог и постановке их на кадастровый учет позволит достичь результатов, указанных на рис. 5.

Таким образом, в рамках выполненного изучения существующих методов интеллектуального анализа данных отобраны методы, допустимые к реализации, позволяющие упростить работу специалистов и сократить временные затраты на проектирование полосы отвода дороги, выбор наиболее

рационального варианта размещения сооружения, на проведение процедур по определению землепользователей, чьи интересы могут быть затронуты в ходе работ, а также на урегулирование вопросов по изъятию или временному занятию их земельных участков.

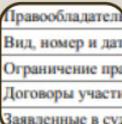
	<p>Технология "компьютерного зрения" позволит спроектировать полосу отвода дороги, установить наличие боковых резервов, рассчитать крутизну откосов, уменьшить вероятность ошибок.</p>
	<p>Метод "корреляционно-регрессионного анализа" позволяет выбрать наилучший вариант размещения дороги на основании технико-экономических показателей.</p>
	<p>Анализ близости объектов по пространственному положению с использованием геоинформационных систем позволяет легко и быстро сформировать схему наложения участков.</p>
	<p>Алгоритм обучения деревьев решений C4.5 позволяет разбить земельные участки на классы и в дальнейшем работать с каждым классом по отдельности.</p>
	<p>NaturalLanguageProcessing делает возможным извлечение реквизитов правообладателя и заполнение обращения к нему без участия исполнителя работ.</p>

Рис. 5. Результаты применения методов интеллектуального анализа и искусственного интеллекта при строительстве дорог

### Выводы

В ходе исследований установлено, что работы, связанные с отводом земельных участков под дороги, требуют полного и грамотного учета огромного числа факторов со стороны проектировщиков, кадастровых инженеров, оценщиков и других специалистов. Кроме того, они также представляют собой большой набор разрозненных данных, представленных в различных формах BigData. Для поддержки и принятия решений, анализа, а также представления таких данных в простом и понятном виде требуется применение методов DataMining.

В этой связи при рассмотрении существующих методов машинного обучения определены наиболее корректные методы интеллектуального анализа территории при осуществ-

лении отвода земельных участков для строительства линейных объектов.

Таким образом, установлено, что в результате применения совокупности методов DataMining, в частности, корреляционно-регрессионного анализа, технологии «компьютерного зрения», классификации, алгоритма дерева решений и NLP, время работы специалиста по определению пересечений земельных участков с полосой отвода линейных объектов сокращается в несколько раз, а также сокращается число повторяющихся рутинных операций по переносу разных значений одноименных сведений в одинаковые формы, что исключает ошибки, вызванные наличием человеческого фактора. Однако следует учитывать, что методы DataMining требуют мониторинга и контроля результатов со стороны исполнителя.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Kozin, P., Alekseeva N., Krechko S. Sustainable digital technologies in the management of infrastructure property complexes // E3S Web of Conferences. – 2021. – Vol. 258. – P. 03007.
2. Vasilenko, N., Khaikin M., Lapinskas A. Ways of achieving the institutional equilibrium in the context of an emerging single digital space // Studies in Computational Intelligence. – 2019. – Vol. 826. – P. 559–567.
3. Kuzin A. A., Kovshov S. V. Accuracy evaluation of terrain digital models for landslide slopes based on aerial laser scanning results // Ecology, Environment and Conservation. – 2017. – Vol. 2. – P. 908–914.
4. Mustafin M., Valkov V., Kazantsev A. Monitoring of Deformation Processes in Buildings and Structures in Metropolises // Procedia Engineering. – 2017. – Vol. 189. – P. 729–736.
5. Bryn M., Afonin D., Bogomolova N. Geodetic Monitoring of Deformation of Building Surrounding an Underground Construction // Procedia Engineering. – 2017. – Vol. 189. – P. 386–392.
6. Корнилов Ю. Н., Царева О. С. Совершенствование методики наблюдений за деформациями зданий и сооружений // Геодезия и картография. – 2020. – Т. 81, № 4. – С. 9–18.
7. Krundyshev B. The constructive schemes, the durability and the consumer properties of multi-story residential buildings // International Journal of Applied Engineering Research. – 2017. – Vol. 12. – P. 101–109.
8. Goldobina L., Demenkov P., Trushko V. The implementation of building information modeling technologies in the training of bachelors and masters at Saint Petersburg Mining University // Journal of Engineering and Applied Sciences. – 2020. – Vol. 15. – P. 803–813.
9. Goldobina L., Orlov P. Bim technology and experience of their introduction into educational process for training bachelor students of major 08.03.01 «construction» // Journal of Mining Institute. – 2017. – Vol. 224. – P. 263–272.
10. Benin A., Konkov A., Kavkazskiy V., Novikov A., Vatin N. Evaluation of deformations of foundation pit structures and surrounding buildings during the construction of the second scene of the state academic Mariinsky theatre in Saint-Petersburg considering stage-by-stage nature of construction process // Procedia Engineering. – 2016. – Vol. 165. – P. 1483–1489.
11. Benin A., Semenov A., Semenov S. Aracture simulation of reinforced concrete structures with account of bond degradation and concrete cracking under steel corrosion. Advances in Civil Engineering and Building Materials // 2nd International Conference on Civil Engineering and Building Materials. – 2012. – P. 233–237.
12. Карпик А. П., Никитин А. В. Информационная система построения инфраструктуры геопространственных данных для автомобильных и железных дорог // Вестник СГУГиТ. – 2016. – Вып. 4 (36). – С. 7–15.
13. Костеша В. А., Рулева Н. П., Колесникова И. К. Проблемы и перспективы совершенствования кадастрового учета автомобильных дорог // Изв. вузов. Геодезия и аэрофотосъемка. – 2021. – Т. 65, № 3. – С. 366–374.
14. Nikiforov O., Yarovikov O., Safronov E., Safronov K., Mochalin S. Improving urban development methods for the development of an urban transport system // Transport Problems. – 2021. – Vol. 6. – P. 141–152.
15. Kiselev V., Guseva N., Kuranov A. Creating Forecast Maps of the Spatial Distribution of Dangerous Geodynamic Phenomena Based on the Principal Component Method // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. – 2021. – Vol. 666. – P. 032071.
16. Pashkevich M., Bech J., Matveeva V., Alekseenko A. Biogeochemical assessment of soils and plants in industrial, residential and recreational areas of Saint Petersburg // Journal of Mining Institute. – 2020. – Vol. 241. – P. 125–130.
17. Wade K., Vrbka J., Zhuravleva N., Machova V. Sustainable governance networks and urban internet of things systems in big data-driven smart cities // Geopolitics, History, and International Relations. – 2021. – Vol. 13. – P. 64–74.
18. Clark A., Zhuravleva N., Siekelova A., Michalikova K. Industrial artificial intelligence, business process optimization, and big data-driven decision-making processes in cyber-physical system-based smart factories // Journal of Self-Governance and Management Economics. – 2020. – Vol. 8. – P. 28–34.
19. Khomonenko A. D., Molodkin I. A., Zimovets A. I. Estimation of the characteristics of complex objects using big data technologies // CEUR Workshop Proceedings. – 2020. – Vol. 2803. – P. 123–128.
20. Zhuravleva N. A., Wright J., Michalkova L., Musa H. Sustainable urban planning and internet of things-enabled big data analytics: Designing, implementing, and operating smart management systems // Geopolitics, History, and International Relations. – 2020. – Vol. 12. – P. 59–65.

21. Zhuravleva N., Nica E., Durana P. Sustainable smart cities: Networked digital technologies, cognitive big data analytics, and information technology-driven economy // *Geopolitics History, and International Relations*. – 2019. – Vol. 11. – P. 41–47.
22. Gavrilovskaya N. V., Kuvaldin V. P., Zlobina I. S., Lomakin D. E., Suchkova E. E. Developing a robot with computer vision for automating business processes of the industrial complex // *Journal of Physics: Conference Series*. – 2021. – Vol. 1889. – P. 022024.
23. Kosykh N. E., Khomonenko A. D., Bochkov A. P., Kikot A.V. Integration of big data processing tools and neural networks for image classification // *CEUR Workshop Proceedings*. – 2020. – Vol. 2556. – P. 52–58.
24. Kremcheev E. A., Danilov A. S., Smirnov Y. D. Metrological support of monitoring systems based on unmanned aerial vehicles // *Journal of Mining Institute*. – 2019. – Vol. 235. – P. 96–105.
25. Lepikhina O. Y., Pravdina E. A. Variable accounting of pricing factors at land parcels cadastral valuation (on the example of Saint Petersburg) // *Bullettene of the Tomsk Polytechnic University, Geo Assets Engineering*. – 2019. – Vol. 330. – P. 65–74.
26. Канашин Н. В. Опыт применения современных программ и геоинформационных систем при формировании земельных участков для строительства линейных сооружений // *Геодезия и картография*. – 2019. – Т. 80, № 6. – С. 48–53.
27. Медведева Ю. Д. Методика геоинформационного обеспечения управления объектами недвижимости населенного пункта // *Вестник СГУГиТ*. – 2018. – Т. 23, № 2. – С. 171–184.
28. Колбина О. Н., Истомина Е. П., Яготинцева Н. В., Вагизов М. Р. Применение механизма предпроцессорной обработки разнородных данных в геоинформационных системах поддержки принятия решения // *Вестник СГУГиТ*. – 2021. – Т. 26, № 1. – С. 98–109.
29. Bolshakov M. A., Molodkin I. A., Pugachev S. V. Comparative analysis of machine learning methods to assess the quality of IT services // *CEUR Workshop Proceedings*. – 2020. – Vol. 2803. – P. 142–149.

#### Об авторах

*Алина Михайловна Рыбкина* – кандидат технических наук, доцент кафедры инженерной геодезии.  
*Полина Михайловна Демидова* – кандидат технических наук, доцент кафедры инженерной геодезии.  
*Елена Сергеевна Коробицына* – магистрант кафедры землеустройства и кадастров.

Получено 01.03.2023

© А. М. Рыбкина, П. М. Демидова, Е. С. Коробицына, 2023

### Methods of intelligent analysis of the territory in the construction of road transport facilities

*A. M. Rybkina<sup>1\*</sup>, P. M. Demidova<sup>2</sup>, E. S. Korobitsyna<sup>2</sup>*

<sup>1</sup> Emperor Alexander I St. Petersburg State Transport University, Saint Petersburg, Russian Federation

<sup>2</sup> Saint Petersburg Mining University, Saint Petersburg, Russian Federation

\* e-mail: alina\_rybkina@mail.ru

**Abstract.** The article is devoted to the study of the features of diversion strip formation for the placement of objects of road transport. It formulates the procedure of land allocation for the construction of linear objects, and also identifies the main problems which the designers encounter in the preparation of a land-surveying project and cadastral engineers in the preparation of delimitation plans for the formation of land plots under the road for their submission to the State cadastral registration. The article identifies possibilities of application of artificial intelligence methods for simplification of work of specialists, reduction of time for one object design (in particular, it is proposed to use computer vision for design of road diversion lane), and also establishes the most correct methods of intellectual analysis of the territory when allocating land for the construction of linear objects. The proposed methods allow to reduce the time of specialists, decrease the number of repetitive operations and minimize the number of random errors in the construction and formation of land sections for road transport objects.

**Keywords:** artificial intelligence, neural networks, intellectual analysis, machine learning, computer vision, land plots, construction, protective zones, roadside lanes

## REFERENCES

1. Kozin, P., Alekseeva, N., & Krechko, S. (2021). Sustainable digital technologies in the management of infrastructure property complexes. *E3S Web of Conferences*, 258, P. 03007.
2. Vasilenko, N., Khaikin, M., & Lapinskas, A. (2019). Ways of achieving the institutional equilibrium in the context of an emerging single digital space. *Studies in Computational Intelligence*, 826, 559–567.
3. Kuzin, A. A., & Kovshov, S. V. (2017). Accuracy evaluation of terrain digital models for landslide slopes based on aerial laser scanning results. *Ecology, Environment and Conservation*, 2, 908–914.
4. Mustafin, M., Valkov V., & Kazantsev A. (2017). Monitoring of Deformation Processes in Buildings and Structures in Metropolises. *Procedia Engineering*, 189, 729–736.
5. Bryn, M., Afonin, D., & Bogomolova, N. (2017). Geodetic Monitoring of Deformation of Building Surrounding an Underground Construction. *Procedia Engineering*, 189, 386–392.
6. Kornilov, Yu., & Tsareva, O. (2020). Perfecting the methods of monitoring the buildings and structures deformation. *Geodeziya i kartografiya [Geodesy and Cartography]*, 81(4), 9–18 [in Russian].
7. Krundyshev, B. (2017). The constructive schemes, the durability and the consumer properties of multi-story residential buildings. *International Journal of Applied Engineering Research*, 12, 101–109.
8. Goldobina, L., Demenkov, P., & Trushko, V. (2020). The implementation of building information modeling technologies in the training of bachelors and masters at Saint Petersburg Mining University. *Journal of Engineering and Applied Sciences*, 15, 803–813.
9. Goldobina, L., & Orlov, P. (2017). Bim technology and experience of their introduction into educational process for training bachelor students of major 08.03.01 "construction". *Journal of Mining Institute*, 224, 263–272.
10. Benin, A., Konkov, A., Kavkazskiy, V., Novikov, A., & Vatin, N. (2016). Evaluation of deformations of foundation pit structures and surrounding buildings during the construction of the second scene of the state academic Mariinsky theatre in Saint Petersburg considering stage-by-stage nature of construction process. *Procedia Engineering*, 165, 1483–1489.
11. Benin, A., Semenov, A., & Semenov, S. (2012). Aracture simulation of reinforced concrete structures with account of bond degradation and concrete cracking under steel corrosion. *Advances in Civil Engineering and Building Materials. 2nd International Conference on Civil Engineering and Building Materials* (pp. 233–237).
12. Karpik, A., & Nikitin, A. (2016). Information system for building geospatial data infrastructure for roads and railways. *Vestnik SGUGiT [Vestnik SSUGT]*, 4(36), 7–15 [in Russian].
13. Kostesha, V., Ruleva, I., & Kolesnikova, I. (2021). Problems and prospects for improving the cadastral registration of roads. *Izvestia vuzov. Geodeziya i aerofotos'emka [Izvestiya Vuzov. Geodesy and Aerophotography]*, 65, 366–374 [in Russian].
14. Nikiforov, O., Yarovikov, O., Safronov, E., Safronov, K., & Mochalin, S. (2021). Improving urban development methods for the development of an urban transport system. *Transport Problems*, 6, 141–152.
15. Kiselev, V., Guseva, N., & Kuranov, A. (2021). Creating Forecast Maps of the Spatial Distribution of Dangerous Geodynamic Phenomena Based on the Principal Component Method. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 666, P. 032071.
16. Pashkevich, M., Bech, J., Matveeva, V., & Alekseenko, A. (2020). Biogeochemical assessment of soils and plants in industrial, residential and recreational areas of Saint Petersburg. *Journal of Mining Institute*, 241, 125–130.
17. Wade, K., Vrbka, J., Zhuravleva, N., & Machova, V. (2021). Sustainable governance networks and urban internet of things systems in big data-driven smart cities. *Geopolitics, History, and International Relations*, 13, 64–74.
18. Clark, A., Zhuravleva, N., Siekelova, A., & Michalikova, K. (2020). Industrial artificial intelligence, business process optimization, and big data-driven decision-making processes in cyber-physical system-based smart factories. *Journal of Self-Governance and Management Economics*, 8, 28–34.
19. Khomonenko, A. D., Molodkin, I. A., & Zimovets A. I. (2020). Estimation of the characteristics of complex objects using big data technologies. *CEUR Workshop Proceedings*, 2803, P. 123–128.
20. Zhuravleva, N. A., Wright, J., Michalkova, L., & Musa, H. (2020). Sustainable urban planning and internet of things-enabled big data analytics: Designing, implementing, and operating smart management systems. *Geopolitics, History, and International Relations*, 12, 59–65.
21. Zhuravleva, N., Nica, E., & Durana, P. (2019). Sustainable smart cities: Networked digital technologies, cognitive big data analytics, and information technology-driven economy. *Geopolitics History, and International Relations*, 11, 41–47.

22. Gavrilovskaya, N. V., Kuvaldin, V. P., Zlobina, I. S., Lomakin, D. E., & Suchkova, E. E. (2021). Developing a robot with computer vision for automating business processes of the industrial complex. *Journal of Physics: Conference Series*, 1889, P. 022024.
23. Kosykh, N. E., Khomonenko, A. D., Bochkov, A. P., & Kikot, A. V. (2020). Integration of big data processing tools and neural networks for image classification. *CEUR Workshop Proceedings*, 2556, 52–58.
24. Kremcheev, E. A., Danilov, A. S., & Smirnov, Y. D. (2019). Metrological support of monitoring systems based on unmanned aerial vehicles. *Journal of Mining Institute*, 235, 96–105.
25. Lepikhina, O. Y., & Pravdina, E. A. (2019). Variable accounting of pricing factors at land parcels cadastral valuation (on the example of Saint Petersburg). *Bulletine of the Tomsk Polytechnic University, Geo Assets Engineering*, 330, 65–74.
26. Kanashin, N. (2019). Experience of modern programs and geographic information systems application at formation of land parcels for constructing linear structures (in Russian). *Geodeziya i kartografiya [Geodesy and Cartography]*, 80, 48–53 [in Russian].
27. Medvedeva, Y. (2018). Methods of geoinformation support for the management of real estate objects of a settlement. *Vestnik SGUGiT [Vestnik SSUGT]*, 23(2), 171–184 [in Russian].
28. Kolbina, O., Istomin, N., Yagotinceva, N., & Vagizov, M. (2021). Application of the mechanism of preprocessor processing of heterogeneous data in geoinformation solutions of support solutions. *Vestnik SGUGiT [Vestnik SSUGT]*, 26(1), 98–109 [in Russian].
29. Bolshakov, M. A., Molodkin, I. A., & Pugachev, S. V. (2020). Comparative analysis of machine learning methods to assess the quality of IT services. *CEUR Workshop Proceedings*, 2803, 142–149.

#### Author details

*Alina M. Rybkina* – Associate Professor, Department of Engineering Geodesy.

*Polina M. Demidova* – Associate Professor, Department of Engineering Geodesy.

*Elena S. Korobitsyna* – Graduate, Department of Land Management.

Received 01.03.2023

© *A. M. Rybkina, P. M. Demidova, E. S. Korobitsyna, 2023*