



Обзор проблемы учета пространственного фактора в математических моделях оценки рыночной стоимости земельных участков

Н.Р. Камынина¹, А.В. Курлов¹✉,
М.В. Литвиненко¹, И.Ю. Васютинский¹,
А.М. Дозмаров¹, В.Б. Непоклонов^{1,2}, С.В. Вяткин¹

¹ Московский государственный университет геодезии и картографии, Москва, Россия

² Институт физики Земли им. О.Ю. Шмидта Российской академии наук, Москва, Россия

✉ kurlov-av@yandex.ru

ЦИТИРОВАНИЕ Камынина Н.Р., Курлов А.В., Литвиненко М.В., Васютинский И.Ю., Дозмаров А.М., Непоклонов В.Б., Вяткин С.В. Обзор проблемы учета пространственного фактора в математических моделях оценки рыночной стоимости земельных участков // Известия вузов «Геодезия и аэрофотосъемка». 2023. Т. 67. № 4. С. 76–89. DOI:10.30533/GiA-2023-039.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА пространственный фактор, математическая модель оценки земельных участков, оценка рыночной стоимости, рыночная оценка земельных участков

АННОТАЦИЯ В данной статье рассматривается проблема учета пространственного фактора в математических моделях оценки рыночной стоимости земельных участков. Оценка земельных участков является важным аспектом предпринимательской деятельности, а пространственный фактор играет ключевую роль в определении ценообразующих факторов и эффективного использования земельных участков. В статье приведены различные модели оценки участков, а также объясняется их различие. Для учета пространственного фактора предлагается использовать комплекс взаимосвязанных частных критериев, таких как транспортная доступность, экологический уровень и наличие железнодорожных вокзалов. В статье проведен анализ существующих систем оценки и выделены их основные проблемы. Исходя из этого был сделан вывод, что выявление ключевых центров влияния на рыночную стоимость и разработка методологии выявления факторов,

по которым можно определить значимость центров влияния, является актуальной научной задачей на текущий момент.

1 Введение

В современной модели экономического развития важное значение имеет привлечение инвестиций в различные секторы экономики. Одним из таких секторов является земельный рынок, который обладает значительным потенциалом для инвестирования. Устройство земельного рынка и динамика цен на землю, в свою очередь, в совокупности составляют значимый фактор развития территорий. При этом при исследовании земельного рынка и оперировании на нем, важнейшее значение имеет наличие возможности объективно оценить стоимость земельного участка.

Таким образом, потребность в выполнении оценки земельных участков возрастает из года в год. Так как система оценки земельных участков является ключевой частью инфраструктуры имущественных отношений, ее инструментарий продолжает развиваться и совершенствоваться, вбирая в себя считающиеся передовыми подходы и методы, релевантные существующим тенденциям и потребностям рынка. При этом значимой особенностью существующей системы оценки земельных участков является то, что в большинстве применяемых в настоящее время подходов и моделей оценки стоимости земельных участков, пространственный фактор не учитывается или учитывается ограниченно.

Важнейший элемент оценки земельных участков — это определение ценообразующих факторов, комбинация которых ложится в основу применяемой модели оценки. Отбор и выбор факторов при этом непосредственно влияет на корректность и точность выполняемой оценки. Принимая во внимание, что пространственное положение является неотъемлемой характеристикой земельных участков, можно предположить, что учет пространственного фактора (являющегося комплексным и включающего целый ряд метрик, от площади и геометрической формы до транспортной доступности и пространственной близости к тем или иным объектам и элементам инфраструктуры) не только находит существенное отражение собственно в оценке стоимости земельного участка, но, более того, в оценке вариантов его наиболее экономически эффективного использования и, соответственно, оценке рыночной стоимости. Обоснование данной гипотезы, в том числе формально-количественное, приводится в работах некоторых авторов [1–3].

Необходимо отметить, что помимо рыночной оценки, рассматриваемой в настоящей статье, существует также такие виды оценки как кадастровая, инвестиционная и ликвидационная:

- кадастровая оценка отличается от рыночной оценки тем, что ее цель состоит в определении стоимости недвижимости для налогообложения и государственного регулирования;
- инвестиционная оценка оценивает потенциал и доходность инвестиций;
- ликвидационная оценка, в свою очередь, предполагает определение минимальной стоимости недвижимости при обязательной и быстрой продаже в неблагоприятных условиях.

При выполнении рыночной оценки земельных участков требуется учитывать множество различных факторов. Математический аппарат, используемый при решении такого класса задач, обычно предполагает декомпозицию пространственного фактора с формированием перечня взаимосвязанных частных критериев, то есть конкретных характеристик пространственного положения земельного участка. Например, показатели транспортной доступности, экологического состояния территории, наличия в той или иной близости железнодорожных вокзалов и(или) путей и т.д. Существует множество (фактически, бесконечное количество) вариантов группировки таких критериев, а также их взвешивания при анализе доли влияния на интегральную оценку пространственного положения и оценку рыночной стоимости в целом. При этом корректный учет пространственного фактора в математических моделях оценки рыночной стоимости земельных участков позволяет более точно представить в модели состав и влияние ценообразующих факторов.

В настоящей статье представлен первичный обзор существующей практики учёта пространственного фактора при выполнении оценки (в частности, рыночной) земельных участков. На основе обзора научных публикаций (релевантных по ключевым словам, «оценка стоимости земельных участков», «рыночная стоимость земельных участков») выявлены и указаны основные виды математических моделей, применяемых при решении задачи массовой оценки участка. При отборе и анализе публикаций упор делался преимущественно на публикации российских авторов, так как особенности рынков недвижимости в разных странах напрямую задают возможности и ограничения в применении тех или иных методов оценки, и практики, эффективные в одной юрисдикции, с достаточной степенью вероятности окажутся малополезными в другой, во всяком случае, без доработки и корректировки. В результате рассмотрения существующего опыта выполнены обобщения относительно сравнительной эффективности основных применяемых математических моделей и сформирована гипотеза о потенциале комплексной модели, совмещающей геостатистический и нейросетевой подходы.

2 Материалы и методы

2.1 Фактор пространственного положения

В работах [3–5] авторы приводят разделение множества критериев оценки стоимости на общие (сведения о регионе и районе, где расположен земельный участок) и локальные (транспортная и пешеходная доступность, окружающая застройка) частные критерии, в комплексе составляющие критерий пространственного положения, выдвигая тезис о том, что они влияют на такие свойства участка, как ликвидность, полезность и уникальность.

Другой вариант иерархической классификации частных критериев пространственного положения объекта приведен в работе [6]: региональный уровень, местный уровень и уровень непосредственного окружения. Примечательно, что к первому уровню отнесены социально-экономические

факторы: уровень занятости населения, политическая безопасность, стабильность в регионе и др.

Изучение публикаций позволяет сформировать обобщение относительно важности частных критериев пространственного положения, которая зависит не только от применяемой методологии рыночной оценки, но и от характера самого объекта недвижимости. В этом смысле, не все факторы являются универсальными, то есть применимыми к оценке любых объектов. Например, при оценивании местоположения офисной недвижимости или производственных объектов развитость социальной инфраструктуры не учитывается, в отличие от оценки местоположения жилой недвижимости. В исследовании ученых работы [7] также отмечено, что факторы экономической инфраструктуры влияют на цену участка больше, чем факторы социальной инфраструктуры.

Когда речь идет именно о земельных участках, важно принять во внимание, что на их рыночную стоимость влияет сочетание сразу нескольких частных критериев пространственного фактора, при этом может возникать эффект пространственной корреляции. Для обеспечения корректного учета влияния фактора при оценке рыночной стоимости земельных участков необходимо:

- определить класс земельного участка;
- определить перечень обязательных для учета частных критериев или их групп, в рамках которых выбираются частные критерии в соответствии с классами земельных участков.

В результате анализа работ [3–6] были обобщены группы частных критериев, обязательных для учета при оценке рыночной стоимости земельных участков:

- транспортная доступность (подъезды к трассам; остановки общественного транспорта; ж/д пути; время, затраченное на поездку к городу; расписание общественного транспорта; качество дороги);
- климатические условия (среднегодовая температура, средняя скорость ветра, относительная влажность воздуха);
- административная принадлежность (развитость региона, локальные социально-экономические условия, местное законодательство);
- удаленность от объектов социальной инфраструктуры (наличие школ, детских садов, больниц, магазинов, аптек);
- наличие объектов на участке (жилые и иные сооружения, инженерные коммуникации);
- юридическая составляющая (категория участка и возможность переоформления, разрешение на строительство сооружений);
- экологическая составляющая (качество и вид почвы, наличие на участке природных ресурсов, окружающая среда, статус участка и прилегающих территорий, отнесение к заповедной или особо охраняемой зоне).

Необходимо отметить, что на рыночную стоимость участка влияет не только его нынешнее состояние, но и планируемое или прогнозное, в частности:

- Будущие планы по развитию социальной инфраструктуры. Если в районе планируется строительство новых объектов инфраструктуры, рыночная стоимость местных земельных участков может повыситься.

- Планируемый рост численности населения района. Если в районе планируется рост населения или развитие новых жилых районов, спрос на землю возрастет, что, опять же, приведет к повышению ее рыночной стоимости.
- Планируемое экономическое развитие региона. Если в будущем ожидается развитие новых предприятий, стоимость земельных участков в соответствующих районах возрастет.

Именно эти три группы частных критериев включают в себя критерии, которые необходимо дополнительно учитывать при оценке земельных участков, выполняемой в целях покупки, в дополнение к критериям, характеризующим существующую ситуацию. Указанные критерии могут быть представлены в формализованном виде и подвергнуты количественному анализу, что позволяет учитывать их в математических моделях оценки рыночной стоимости.

Среди альтернативных методологий оценки можно выделить использование CMS (англ. – «Content Management System» – система управления контентом/данными), которые не относятся к системам, изначально предназначенным для выполнения или обеспечения оценки, являясь универсальным средством, ориентированным на организацию хранения и обмена данными. В таком случае при использовании CMS на ее основе, как правило, выстраивают систему поддержки принятия решений, работающую по принципу «если – то». В случае оценки пространственного фактора, решение может быть принято, например, следующим образом: «если участок удален от центра города более чем на 10 км, то следует снизить стоимость на n процентов». Неэффективность такого подхода заключается в том, что подобные системы требуют значительного участия специалиста-эксперта в процессе оценки при низком уровне автоматизации и постоянной необходимости в актуализации критериев.

Существуют также экспертные методологии, основанные на выполнении балльного оценивания. Так, авторы работы [8] описывают применение методологии, предполагающей оценку каждого из факторов, влияющих на рыночную стоимость земельных участков, по шкале от 1 до 5, в результате чего составляется рейтинг оцениваемых объектов согласно средней оценке по всем факторам. Такая методология может быть удобна за счет простоты реализации, но в сравнении с рассматриваемыми ниже математическими моделями она демонстрирует менее точные результаты ввиду высокой субъективности и широких интервалов оценки.

Третий возможный подход состоит в выполнении численного (математического) моделирования, в том числе моделей, классифицируемых как основанные на методах машинного обучения. Есть несколько причин, по которым использование математических моделей вместо экспертного подхода, основанного на балльных оценках, демонстрирует в целом более высокую эффективность:

- Точность. Математические модели могут обеспечить более точные результаты, чем экспертная оценка, особенно при работе с большими массивами сложно организованных данных;
- Гибкость. Математические модели в более высокой степени пригодны для адаптации и модификации под частную ситуацию при необходимости обеспечения лучшего соответствия применяемым данным и решаемой задаче;

- Математические модели априори могут учитывать сразу несколько переменных, что позволяет учитывать множество факторов при прогнозировании или оценке, в то время как вопрос формирования интегральной оценки на основе серии балльных оценок составляет отдельную задачу;
- Математические модели могут быть использованы также в прогнозных целях, в то время как выполнение балльной экспертной оценки в целях прогноза предполагает разработку отдельной методологии.

2.2 Математические модели

Рассматривая методы численного моделирования применительно к задаче рыночной оценки земельных участков, необходимо отметить, что такие классические методы, как деревья решений и ядерные методы, в частности, метод опорных векторов, не подходят для решения задачи прогнозирования рыночной стоимости земельного участка по нескольким причинам. Деревья решений обычно используются для задач классификации или регрессии с дискретными целевыми переменными, а рыночная стоимость земельного участка является непрерывной переменной, требующей точного числового предсказания. Ядерные методы (метод опорных векторов) основаны на определении параметров гиперплоскости в пространстве признаков, что, в свою очередь, ограничивает возможности прогнозирования сложных зависимостей между характеристиками земельных участков. Указанные методы также предполагают использование больших объемов обучающих данных для выполнения в достаточной степени точной прогнозной оценки, привлечение которых не всегда возможно при выполнении рыночной оценки (во многих случаях массивы даже официальных данных о земельных участках являются неполными).

Методологией, возможной к применению при выполнении прогнозной оценки рыночной стоимости участков с учетом особенностей обрабатываемых данных, является построение регрессии. Оценка стоимости земельных участков – это классическая регрессионная задача. При оценке земельных участков используются разные характеристики объектов, которые могут повлиять на их итоговую стоимость, соответственно перечень возможных регрессионных моделей будет включать ряд различных решений. Так, автором [9] рассматриваются четыре метода построения пространственных регрессионных моделей, в которых различным образом выполняется учет частных критериев, составляющих пространственный фактор рыночной стоимости, автор проводит анализ и сравнение применимости и недостатков моделей, построенных с помощью этих методов в различных ситуациях при оценке стоимости земельных участков. Другие ученые [10] рассматривают применение непространственного регрессионного метода «случайный лес» при выполнении массовой оценки недвижимости и делают вывод о том, что регрессия является подходящим методом для массовой оценки, а по сравнению с индивидуальной оценкой, выполняемой традиционными методами, оценка с использованием различных методов машинного обучения, таких как «случайный лес», экономит трудозатраты и затраты по времени.

Важный недостаток регрессионных моделей состоит в том, что они не могут быть применены при обработке больших объемов данных. В таком случае решение задачи возможно с помощью нейросетевых моделей [11]. В научной литературе об оценочной деятельности тема разработки математических моделей расчета рыночной стоимости, основанных на нейронных сетях, является актуальной. Например, нейросетевая динамическая математическая модель, разработанная Л.Н. Ясницким и В.Л. Ясницким [12] учитывает как статистические факторы (расположение объекта, тип дома, стен и т.п.), так и динамические (курс доллара, ВВП, индекс доступности жилья и т.п.). В составе пространственного фактора данная модель учитывает только нахождение объекта в определенном районе и не рассматривает транспортную доступность, положение объекта относительно центра города и другие, очевидно значимые, параметры. Аналогичную оценку можно дать модели, разработанной Д.С. Костяевым и А.В. Доценко [13]. В ней учитывается множество параметров, такие как материал и тип дома, этажность, в то же время пространственный фактор ограничен расположением объекта в одном из районов города. Качество работы нейронной сети, при этом, оценивается по формуле среднеквадратической относительной погрешности (1), в которой N – количество элементов выборки, d_n – заявленная стоимость n -й квартиры, y_n – ее стоимость, рассчитанная нейросетью.

1 ➤

$$E = \frac{\sqrt{\frac{\sum_{n=1}^N (d_n - y_n)^2}{N}}}{|\max(d_n) - \min(d_n)|} 100\%.$$

В статье [14] предложена концепция нейросетевого моделирования рыночной стоимости жилой недвижимости с учетом внешних экономических факторов. Исследование проведено для рынков Перми и Екатеринбурга, показана высокая адекватность реальной ситуации полученных результатов оценки и подтверждена гипотеза о возможности построения устойчивых нейросетевых моделей, адаптируемых к локальным рынкам недвижимости РФ.

В еще одном исследовании иностранных авторов [15] при рассмотрении применения нейросетевых моделей при массовой оценке недвижимости пространственный фактор отдельно не учитывается. Однако, авторы также приходят к выводу, что применение нейронных сетей для оценки на различных рынках недвижимости (для различных территорий) нуждается в дополнительном изучении и разработке.

Еще один возможный подход к выполнению прогнозной оценки рыночной стоимости – геостатистические модели, которые в силу своей природы ориентированы именно на учет удаленности объекта от локальных центров влияния. Геостатистические модели более просты в реализации, и их применение позволяет повысить объективность оценки за счет исключения из последовательности действий при проведении оценки следующих пунктов:

- определение состава факторов стоимости земельных участков;
- сбор сведений о значениях факторов стоимости земельных участков;
- группировка земельных участков.

Иными словами, применение методов геостатистики позволяет свести к минимуму всю работу, касающуюся анализа и выявления

ценообразующих факторов, и сделать упор на оценке пространственных признаков земельного участка. При этом, согласно исследованию А.М. Рыбкиной [16], геостатистический метод продемонстрировал показатели точности оценки в 13 раз более высокие в сравнении с традиционными статистическими методами.

В перечень методов геостатистики входят (регрессионные) методы пространственной интерполяции, которые применяются для расчета величины стоимости земельных участков с пространственно-взаимозависимыми исходными данными, — «кригинг» и «коккригинг».

Кригинг основывается на статистических моделях, включающих анализ автокорреляции — статистических отношений между измеренными точками. Все интерполяторы, применяемые в рамках кригинга, являются различного рода модификациями базового линейного регрессионного оценителя $Z(x)$, определяемого по формуле (2) [17]:

2

$$Z(x) - m(x) = \sum_{i=1}^{n(x)} \lambda_i(x) \cdot [Z(x_i) - m(x_i)].$$

А.М. Рыбкина в своей диссертации рассматривает модель кригинга, которая позволяет с высокой точностью проводить оценивание удельного показателя кадастровой стоимости (УПКС) земельных участков малоэтажной жилой застройки, которая, впрочем, достижима только при достаточном объеме выборки [18]. Для определения требуемых объемов выборки была смоделирована ситуация ее неполноты путем постепенного ее уменьшения. При сокращении количества значений рыночных цен, наблюдается увеличение значения ошибки аппроксимации, которая в определенный момент доходит до допустимой. Таким образом, при применении метода кригинга необходимо априори знать или выполнить оценку требуемого объема выборки, при котором применение метода будет корректным и доступным.

В случае, если информации о рыночной стоимости земельных участков, находящихся в исследуемой области, недостаточно, для выполнения оценки стоимости участков возможно также применить введение дополнительных переменных (ценообразующих факторов). Такой подход носит название «коккригинг» — многопеременное пространственное моделирование. В использовании коккригинга, однако, есть недостаток: при увеличении объема выборки возрастает относительная погрешность. Это обусловлено тем, что выборка дополняется рыночной стоимостью участков, в то время, как в модели уже учитываются ценообразующие факторы, т. е. они учитываются дважды [19].

Таким образом, поскольку пространственный фактор имеет ключевое значение для формирования рыночной стоимости земельных участков, точность ее оценки возможно повысить, применяя нейросетевые модели, которые в качестве вводных данных могут принимать большее количество частных критериев пространственного фактора. Применение кригинга для оценки рыночной стоимости земельных участков ограничено, так как для реализации метода нужна достаточно объемная выборка по рыночной стоимости оцениваемых объектов. Результаты же применения коккригинга также зависят от величины выборки, но зависимость обратная, если объем выборки становится слишком большим, а такое может быть при массовой оценке, то возрастает ошибка аппроксимации.

3 Результаты

В результате изучения существующего опыта применения математических моделей при выполнении рыночной оценки земельных участков возможно обобщить недостатки используемых в настоящее время моделей.

Классические регрессионные модели не применимы при обработке больших объемов данных, что исключает их внедрение при выполнении массовой оценки.

Основным недостатком нейросетевых моделей является, прежде всего, отсутствие учета центров влияния, в существующих разработках предусмотрен только учет принадлежности участка к определенному району, без подсчета и учета расстояния до центров влияния. Также в этих моделях роль пространственного фактора занижена, на оценку кардинально большее влияние оказывают другие характеристики земельных участков, нежели критерии, составляющие пространственный фактор. Тем не менее, у нейросетевых моделей, используемых в оценочной деятельности, есть очевидные преимущества, например, их способность обнаруживать неочевидные закономерности. Так, исследователями [12] отмечено, что на стоимость объектов может влиять, например, цена на нефть – с ее повышением также будет расти стоимость жилья (квартиры, например). Также нейросетевые модели обеспечивают более точный прогноз по сравнению с регрессионными. Вместе с тем, модели, разработанные для одного конкретного города, не могут быть применены к другим городам, поскольку не учитывают мезоэкономические факторы [8, 20–21].

В геостатистических регрессионных моделях учитывается пространственный фактор, зависящий от центров влияния. Под центром влияния понимается точка пространства, удаленность от которой будет учитываться как критерий оценки рыночной стоимости земельных участков. В городах такими точками могут быть исторические или деловые центры города, больницы, крупные торговые центры. Однако методика выбора центров влияния до настоящего времени не выработана. Разработка единого инструментария определения и описания центров влияния необходима для повышения точности оценки рыночной стоимости земельных участков с помощью регрессионных моделей. Разработка методологии обоснования и выбора центров влияния в настоящее время составляет научную задачу, требующую решения. При этом, применяя пространственные регрессионные модели для оценки стоимости земельных участков, для разных классов участков следует учитывать разные центры влияния, что также требует разработки рекомендаций по их выбору и учету в процессе оценки стоимости земли

4 Обсуждение

Значимость детальной оценки пространственного фактора при выполнении рыночной оценки земельных участков трудно переоценить. При одних и тех же формальных значениях критериев, составляющих пространственный фактор, рыночная стоимость может существенно меняться.

Например, для г. Санкт-Петербурга важным критерием является местоположение участка в зависимости от расстояния до центра города, тогда как для г. Краснодара этот критерий не имеет большого значения, что объясняется относительно небольшой площадью города. В свою очередь, местоположение земельного участка с точки зрения транспортной доступности для Краснодара куда важнее, чем для Санкт-Петербурга, поскольку транспортная инфраструктура Санкт-Петербурга лучше развита [22]. В Краснодарском крае наблюдаются весенние паводки, поэтому близость к реке далеко не показатель высокой стоимости земельного участка, тогда как в Чебоксарах при покупке квартиры, наоборот, обращают внимание на наличие вида на Волгу, и наиболее престижные микрорайоны расположены именно у реки [23]. Наконец в прибрежных городах-курортах появляется такой критерий, значительно влияющий на ценообразование, как расстояние до моря.

Важная особенность, которую следует учитывать, подбирая метод рыночной оценки земельных участков – это свойство частных критериев пространственного фактора меняться с течением времени. Их влияние на цену земельного участка может как возрастать, так и убывать [24]. К примеру, возле земельного участка может появиться новая автодорога или промышленное предприятие, что изменит оценку транспортной инфраструктуры и экологической обстановки. По этой причине нужно проводить своевременную переоценку земельного участка, в частности земельного участка, включив новые данные в модели оценки. Значимость внедрения, при выполнении массовой рыночной (пере)оценки, математических моделей с высоким уровнем автоматизации, в связи с этим, кратно возрастает.

С учетом упомянутых достоинств и недостатков методов, используемых в современной практике оценки, можно сделать вывод о том, что перспективным подходом является моделирование рыночной стоимости земельных ресурсов на основе геостатистического анализа, совмещенного с машинным обучением. Для реализации такого подхода оптимально использовать программные средства географических информационных систем (ГИС), в которых методы геостатистики входят в состав стандартного инструментария. Подготовленные в ГИС сеточные карты пространственных переменных (геополя), отражающие пространственное распределение факторов ценообразования, могут быть использованы для обучения искусственной нейронной сети. Нейронные сети, в свою очередь, обеспечат анализ и обработку больших объемов пространственно-привязанных (в результате применения ГИС-средств) данных о факторах ценообразования и учет, таким образом, необходимого (более широкого) числа критериев, составляющих пространственный фактор, при автоматизированной оценке рыночной стоимости земельных участков.

Рассмотренные в статье математические модели, применяемые в настоящее время, в полной мере не отвечают требованиям к решению задач по оценке рыночной стоимости земельных участков в связи с динамически меняющимся пространственным фактором, а также особенностями его учета при различных классах.

5 Выводы

В данной статье, на примере известных из научных публикаций математических моделей, применяемых при оценке стоимости земельных участков (прежде всего в России), описана важность учета пространственного фактора при рыночной оценке стоимости земельных участков. Подчеркнуто, что игнорирование пространственного фактора может привести к неточностям в результатах рыночной оценки.

Сделан вывод о том, что для корректного учета пространственного фактора необходимо внедрить методы пространственного анализа в процессы оценки потенциала инвестиций в земельные участки. Как показал обзор применяемых методик, несмотря на важность пространственного фактора, не все используемые модели его учитывают. Также необходима разработка методологии определения значимости центров влияния, ни в одной из проанализированных моделей, где использовались такие центры, не была ясно указана методика расчета степени их влияния. Разработка методологии выявления факторов, по которым можно определить значимость центров влияния, является актуальной и важной прикладной задачей.

Таким образом, можно сделать вывод, что известные и описанные в научной литературе способы учета критериев, связанных с пространственными характеристиками как самого земельного участка, так окружающей его инфраструктуры, не позволяют в полной мере учесть эти критерии при массовой оценке рыночной стоимости земельных участков. По мнению авторов настоящей статьи, возможным подходом для решения этой проблемы мог бы стать подход, основанный на использовании геостатистического анализа, выполняемого в среде ГИС, совмещенного с последующим нейросетевым анализом.

БЛАГОДАРНОСТИ Исследование было проведено в рамках исполнения государственного задания Министерства науки и высшего образования РФ, госбюджетная тема № FSFE-2022-0001.

- БИБЛИОГРАФИЯ**
1. Bidanset P., Lombard J. Evaluating spatial model accuracy in mass real estate appraisal: a comparison of geographically weighted regression and the spatial lag model // *Cityscape: A Journal of Policy Development and Research*. 2014. Vol. 3. P. 169–182.
 2. Möller J. Regional variations in the price of building land: a spatial econometrics approach for West Germany // *The Annals of Regional Science*. 2009. Vol. 43. Issue 1. P. 113–132. DOI:10.1007/s00168-007-0207-6.
 3. Монин А.А., Плоткина А.Р. Местоположение как ключевой фактор формирования стоимости объекта недвижимости // *Вестник Хабаровского государственного университета экономики и права*. 2018. № 6 (98). С. 80–87.
 4. Плоткина А.Р. Региональные проблемы оценки и управления стоимостью собственности и реструктуризации промышленных предприятий в системе стратегического управления // *Статистика и Экономика*. 2015. № 1. С. 94–97. DOI:10.21686/2500-3925-2015-1-94-97.
 5. Монин А.А. Анализ и оценка факторов, влияющих на стоимость имущества предприятий, находящихся в процедуре банкротства // *Финансовые аспекты структурных преобразований экономики: материалы Всероссийской научно-практической конференции*. Иркутск: ИГУПС, 2011. С. 270–274.


6. Абакумов Р.Г., Моргунова О.Н., Крылова Д.Д. Специфика ценообразования на рынке недвижимости и оценка влияния местоположения на стоимость недвижимости в городе Белгороде // *Инновационная экономика: перспективы развития и совершенствования*. 2018. № 3 (29). С. 5–10.
7. Sampathkumar V., Santhi M., Vanjinathan J. Forecasting the Land Price Using Statistical and Neural Network Software // *Procedia Computer Science*. 2015. Vol. 57. P. 112–121. DOI:10.1016/j.procs.2015.07.377.
8. Овсянников А.С., Боева Т.А. Местоположение как один из факторов, определяющих инвестиционную привлекательность объектов коммерческой недвижимости // *Экономика в инвестиционно-строительном комплексе и ЖКХ*. 2019. № 1 (16). С. 78–83.
9. Беляева А.В. Учет пространственных факторов в массовой оценке объектов недвижимости: сравнение эффективности различных методов // *Управление большими системами*. 2015. Выпуск 53. С. 6–26.
10. Canaz Sevgen S., Aliefendioğlu Y. Mass appraisal with a machine learning algorithm: random forest regression // *Journal of Information Technologies*. 2020. Vol. 13. Issue 3. P. 201–311. DOI:10.17671/gazibtd.555784.
11. Abidoeye R.B., Chan A.P.C. Artificial neural network in property valuation: application framework and research trend // *Property Management*. 2017. Vol. 35. No. 5. P. 554–571. DOI:10.1108/PM-06-2016-0027.
12. Ясницкий Л.Н., Ясницкий В.Л. Методика создания комплексной экономико-математической модели массовой оценки стоимости объектов недвижимости на примере квартирного рынка города Перми // *Вестник Пермского университета. Серия Экономика*. 2016. № 2 (29). С. 54–69. DOI:10.17072/1994-9960-2016-2-54-69.
13. Костяев Д.С., Доценко А.В. Применение нейросетевых технологий для автоматизации оценки жилой недвижимости // *Известия Тульского государственного университета. Экономические и юридические науки*. 2017. № 3–1. С. 201–210.
14. Yasnitsky L.N., Yasnitsky V.L., Alekseev A.O., The complex neural network model for mass appraisal and scenario forecasting of the urban real estate market value that adapts itself to space and time // *Complexity*. 2021. Vol. 2021. 5392170. DOI:10.1155/2021/5392170.
15. Tothăzan H.F., Deaconu A. Neuronal network artificial model for real estate appraisal: logic, controversies, and utility for the Romanian context // *Ovidius University Annals, Economic Sciences Series*. 2020. Vol. XX. Issue 2. P. 1093–1100.
16. Рыбкина А.М. Обоснование применения методов геостатистической интерполяции при проведении кадастровой оценки земельных участков индивидуальной жилой застройки населенных пунктов // *Имущественные отношения в Российской Федерации*. 2016. № 11(182). С. 29–40.
17. Стешенко Д.Ю., Окорокова М.А. Влияние выбора земельного участка на инвестиционную привлекательность объекта недвижимости // *StudArctic forum*. 2017. № 1(5). С. 77–87.
18. Рыбкина А.М. Обоснование метода построения геостатистической модели кадастровой оценки земельных участков малоэтажной жилой застройки населенных пунктов: дисс. ... канд. техн. наук: 25.00.26 «Землеустройство, кадастр и мониторинг земель». 2017. 143 с.
19. Rybkina A., Demidova P.M., Kiselev V.A. Working-Out of the geostatistical model of mass cadastral valuation of urban lands evidence from the city Vsevolozhsk (Russia) // *International Journal of Applied Engineering Research*. 2016. Vol. 11. No. 24. P. 11631–11638.
20. Manganelli B., Pontrandolfi P., Azzato A., Murgante B. Using geographically weighted regression for housing market segmentation // *International Journal of Business*

- Intelligence and Data Mining. 2014. Vol. 9. Issue 2. P. 161–177. DOI:10.1504/IJBIDM.2014.065100.
21. Borst R.A. Artificial neural networks: the next modelling/calibration technology for the assessment community // Property Tax Journal. 1991. Vol. 10. Issue 1. P. 69–94.
 22. Демьянов В.В., Савельева Е.А. Геостатистика: теория и практика. М.: Наука, 2010. 327 с.
 23. Губанова Т.М., Никонорова И.В. Анализ влияния фактора «Расстояние до реки Волга» на стоимость жилой недвижимости с применением математических методов (на примере города Чебоксары Чувашской Республики) // Научные ведомости. Серия: Естественные науки. 2019. Т. 43. № 3. С. 254–262. DOI:10.18413/2017-4671-2019-43-3-254-262.
 24. Бахарева Н.А. Поддержка принятия решений при оценке земель // Государственный советник. 2015. № 1(9). С. 50–56.

АВТОРЫ**Камынина Надежда Ростиславовна**

ФГБОУ ВО «Московский государственный университет геодезии и картографии» (МИИГАиК), Москва, Россия
кафедра земельного права и государственной регистрации недвижимости,
факультет управления территориями
д-р экон. наук, доцент

Курлов Алексей Викторович

ФГБОУ ВО «Московский государственный университет геодезии и картографии» (МИИГАиК), Москва, Россия
научно-исследовательская лаборатория «Лаборатория городских технологий и пространственного развития»
 0000-0003-3089-7288

Литвиненко Мария Васильевна

ФГБОУ ВО «Московский государственный университет геодезии и картографии» (МИИГАиК)
кафедра землеустройства и кадастров, факультет управления территориями
д-р пед. наук, профессор


Васютинский Игорь Юрьевич

ФГБОУ ВО «Московский государственный университет геодезии и картографии» (МИИГАиК), Москва, Россия
кафедра геодезии, геодезический факультет
д-р техн. наук, профессор

Дозмаров Андрей Максимович

ФГБОУ ВО «Московский государственный университет геодезии и картографии» (МИИГАиК), Москва, Россия
научно-исследовательская лаборатория «Лаборатория городских технологий и пространственного развития»


Непоклонов Виктор Борисович

ФГБОУ ВО «Московский государственный университет геодезии и картографии» (МИИГАиК), Москва, Россия;
Институт физики Земли им. О.Ю. Шмидта Российской академии наук
кафедра высшей геодезии, геодезический факультет
д-р техн. наук, старший научный сотрудник
 0000-0003-1241-1117

Вяткин Степан Владимирович

ФГБОУ ВО «Московский государственный университет геодезии и картографии»
(МИИГАиК), Москва, Россия

научно-исследовательская лаборатория «Лаборатория городских технологий
и пространственного развития»

 0000-0002-4416-0650

Поступила 15.03.2023. Принята к публикации 21.08.2023. Опубликовано 28.08.2023.