

На правах рукописи

РЫБКИНА Алина Михайловна



**ОБОСНОВАНИЕ МЕТОДА ПОСТРОЕНИЯ
ГЕОСТАТИСТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ КАДАСТРОВОЙ
ОЦЕНКИ ЗЕМЕЛЬНЫХ УЧАСТКОВ МАЛОЭТАЖНОЙ
ЖИЛОЙ ЗАСТРОЙКИ НАСЕЛЕННЫХ ПУНКТОВ**

*Специальность 25.00.26 – Землеустройство, кадастр
и мониторинг земель*

А в т о р е ф е р а т
диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Санкт-Петербург - 2017

Работа выполнена в федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Санкт-Петербургский горный университет»

Научный руководитель –
кандидат технических наук, доцент

Киселёв Владимир Алексеевич

Официальные оппоненты:

Москвин Виктор Николаевич
доктор технических наук, профессор, ФГБОУ ВО «Сибирский государственный университет геосистем и технологий», кафедра кадастра и территориального планирования, профессор

Валиев Джаваншир Сарыевич
кандидат экономических наук, ФГБОУ ВО «Государственный университет по землеустройству», кафедра землепользования и кадастров, доцент

Ведущая организация – ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный аграрный университет»

Защита состоится 30 ноября 2017 г. в 11 ч. 00 мин. на заседании диссертационного совета Д 212.224.08 при Санкт-Петербургском горном университете по адресу: 199106, Санкт-Петербург, 21-я линия, дом 2, ауд. 1163.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Санкт-Петербургского горного университета и на сайте www.spmi.ru.

Автореферат разослан 29 сентября 2017 г.

УЧЕНЫЙ СЕКРЕТАРЬ
диссертационного совета



СКАЧКОВА
МАРИЯ ЕВГЕНЬЕВНА

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы исследований. Современное состояние рынка земельных участков Российской Федерации свидетельствует о том, что наиболее вовлеченными в оборот являются земли индивидуальной жилой застройки (ИЖС) населенных пунктов (71 % от общей доли предложений о продаже земельных участков), которые в соответствии с классификатором видов разрешенного использования (ВРИ) земельных участков отнесены к малоэтажной жилой застройке. В соответствии с действующим законодательством, при совершении сделок собственники земельных участков должны ориентироваться на величину кадастровой стоимости, так как налог на доходы от продажи объекта недвижимости исчисляется на основании данного показателя. Кроме того, кадастровая стоимость земельных участков также является базой для расчета земельного налога, в связи с чем, возникает потребность получения объективных результатов при проведении кадастровой оценки.

В соответствии с действующей методикой для определения кадастровой стоимости земель малоэтажной жилой застройки населенных пунктов применяются методы математической статистики, основанные на построении регрессионных моделей кадастровой оценки. Анализ последних позволил выявить ряд недостатков действующей методики: отсутствие документов, регламентирующих состав ценообразующих факторов, а также единой методики их отбора; отсутствие требований к объему обучающей выборки; игнорирование наличия автокорреляции в исходных данных. Перечисленные выше недостатки привели к тому, что на территории Российской Федерации за последние 6 лет наблюдается тенденция к значительному увеличению количества обращений граждан по оспариванию результатов кадастровой оценки, при этом кадастровую стоимость земельных участков оспаривают чаще всего. Так, за 2011–2016 г.г. количество обращений с просьбой обжалования результатов кадастровой оценки в судебном и внесудебном порядке возросло в 58 раз.

Совершенствованию методик кадастровой оценки посвящены работы таких ученых как Безруков В.Б., Дмитриев М.Н., Пылае-

ва А.В., Круглова И.В., Кияшко Г.А., Трибуц О.А., Шабасева Ю.И. и др. Все они основывались на применениях методов регрессионного анализа. Тем не менее, несмотря достигнутые успехи, в трудах данных авторов отмеченные недостатки так и не были устранены. Другим подходом в рамках совершенствования методик кадастровой оценки является применение методов пространственной статистики. Данный подход рассматривается в работах таких авторов как Беляева А.В., Демидова П.М., Кунц М., Хелбич М., Ларраз Б., Рубио Н.Г. Однако, несмотря на существующие наработки проблема применения методов пространственной статистики для проведения государственной кадастровой оценки (ГКО) в условиях различной степени развитости рынка недвижимости не решена. Данное обстоятельство обуславливает актуальность работы по обоснованию метода построения геостатистической модели кадастровой оценки земельных участков малоэтажной жилой застройки населенных пунктов в зависимости от количества данных о сделках с земельными участками.

Предметом исследования являются закономерности, определяющие изменение кадастровой стоимости земель малоэтажной жилой застройки населенных пунктов в зависимости от пространственного положения и наличия автокорреляции в значениях рыночных цен.

Объектом исследования является кадастровая стоимость земельных участков малоэтажной жилой застройки населенных пунктов.

Цель диссертационной работы: повышение объективности результатов кадастровой оценки земель малоэтажной жилой застройки населенных пунктов на основе применения методов геостатистической интерполяции для построения моделей определения кадастровой стоимости.

Задачи исследований:

1. Провести анализ современного состояния системы кадастровой оценки земель населенных пунктов Российской Федерации.
2. Обосновать выбор объекта оценки – земельных участков малоэтажной жилой застройки типовой территории субъекта РФ.
3. Проанализировать результаты государственной кадастровой оценки земельных участков малоэтажной жилой застройки Вол-

гоградской области, выполненной посредством применения методов регрессионного анализа.

4. Выявить взаимозависимость между значениями рыночных цен земельных участков и определить автокорреляцию.

5. Провести анализ методов пространственной интерполяции и обосновать выбор метода геостатистической интерполяции.

6. Определить пространственную структуру данных и разработать методику массовой кадастровой оценки земельных участков малоэтажной жилой застройки населенных пунктов, основанную на применении методов геостатистики.

7. Сравнить эффективность применения статистических и геостатистических методов для целей массовой кадастровой оценки земельных участков малоэтажной жилой застройки населенных пунктов.

Идея диссертационной работы: для повышения объективности результатов кадастровой оценки земельных участков малоэтажной жилой застройки населенных пунктов необходимо перейти от регрессионной модели учета влияющих факторов к модели геостатистического интерполирования (кригинг/кокригинг) значений рыночных цен, выбор которой осуществляется в зависимости от степени развитости рынка недвижимости на основе критерия (критическое значение плотности выборочной сети), который определяется на основании расчетного значения радиуса корреляции.

Научная новизна:

1. Определена пространственная структура данных о сделках с земельными участками малоэтажной жилой застройки населенных пунктов на основании выявленной пространственной корреляции значений рыночных цен.

2. Доказана обратно пропорциональная зависимость средней относительной погрешности от количества значений рыночных цен земельных участков малоэтажной жилой застройки населенных пунктов при применении метода кригинга для целей массовой кадастровой оценки.

3. Доказана прямо пропорциональная зависимость средней относительной погрешности от количества данных о сделках с земельными участками малоэтажной жилой застройки населенных

пунктов при применении метода кокригинга для целей массовой кадастровой оценки.

4. Предложен критерий выбора метода геостатистической интерполяции для массовой кадастровой оценки земель малоэтажной жилой застройки населенных пунктов.

Теоретическая и практическая значимость научных результатов:

1. Установлены величины радиуса взаимозависимости рыночных цен земельных участков малоэтажной жилой застройки населенных пунктов Волгоградской области с учетом изменчивости исходных данных.

2. Обоснована возможность моделирования пространственной структуры данных о сделках при определении кадастровой стоимости земельных участков малоэтажной жилой застройки населенных пунктов.

3. Определено количество данных о сделках с земельными участками малоэтажной жилой застройки населенных пунктов, позволяющее проводить массовую кадастровую оценку методом кригинга.

4. Разработана методика массовой кадастровой оценки земель малоэтажной жилой застройки населенных пунктов методами геостатистики.

Методология и методы исследования: обзор и анализ нормативно-правовой базы и научно-технической литературы, сравнительный анализ, корреляционный анализ, построение детерминистических моделей, геостатистическое моделирование. Решение поставленных задач осуществлялось посредством применения средств компьютерной обработки данных и программных продуктов: MS Excel, SPSS Statistics, MapInfo Professional, ArcGIS.

Достоверность научных положений, выводов и рекомендаций подтверждается использованием подлинных статистических данных об оспаривании результатов кадастровой оценки, подлинной информации по состоянию рынка земельных участков, расположенных на территории Российской Федерации, о значении рыночных цен, факторов стоимости и результатах ГКО земельных участков малоэтажной жилой застройки населенных пунктов Волгоградской

области, полученной из официальных источников. Объективность результатов кадастровой оценки земель малоэтажной жилой застройки населенных пунктов Волгоградской области, выполненной по предлагаемой методике, подтверждается их согласованностью с информацией о рыночной цене/стоимости указанных земельных участков.

Личный вклад автора заключается в постановке и реализации цели и задач исследования, обосновании научных положений; анализе существующей научно-технической, методической литературы и отчетов по государственной кадастровой оценке земель населенных пунктов; разработке методики массовой кадастровой оценки земельных участков малоэтажной жилой застройки населенных пунктов методами геостатистики; определении критерия перехода от кригинга к кокригингу при проведении кадастровой оценки; апробации предложений на земельных участках малоэтажной жилой застройки населенных пунктов Волгоградской области.

Реализация выводов и рекомендаций работы. Результаты исследования могут быть использованы при усовершенствовании нормативно-методической документации, а также в учебном процессе. Практическую значимость результаты исследований могут иметь для субъектов оценочной деятельности, занимающихся государственной кадастровой оценкой недвижимости; для финансистов, анализирующих последствия применения результатов государственной кадастровой оценки.

Апробация работы. Основные положения работы докладывались, обсуждались и получили одобрение на вузовском конкурсе на лучшую научную работу 2013/2014 учебного года (Горный университет, Санкт-Петербург, 2014 г.), конкурсе инновационных проектов Горного университета 2014 года (Горный университет, Санкт-Петербург, 2014 г.), Всероссийской научной конференции-конкурсе студентов выпускного курса (Горный университет, Санкт-Петербург, 2014 г.), III Международной научно-практической конференции «Наука в современном информационном обществе» (North Charleston, USA, 2014 г.), Международном форуме-конкурсе молодых ученых «Проблемы недропользования» (Горный университет, Санкт-Петербург, 2014 г.), III Международной научно-

практической конференции «Фундаментальная наука и технологии – перспективные разработки» (North Charleston, USA, 2014 г.), 55 Научно-практической конференции в Краковской горно-металлургической академии (Польша, Краков, 2014 г.), Международной научно-практической конференции «Инновационная наука и современное общество» (г. Уфа, 2015 г.), конкурсе грантов 2015 года для студентов вузов, расположенных на территории Санкт-Петербурга, аспирантов вузов, отраслевых и академических институтов, расположенных на территории Санкт-Петербурга (г. Санкт-Петербург, 2015 г.), Международной научно-практической конференции «Геодезия, картография, геоинформатика и кадастры. От идеи до внедрения» (г. Санкт-Петербург, 2015 г.), заседании Круглого стола в рамках XX Санкт-Петербургской Ассамблеи молодых ученых и специалистов (г. Санкт-Петербург, 2015 г.), Международной конференции молодых ученых (Фрайбергская горная академия, Германия, 2016 г.), XII Всероссийской научно-практической конференции «Новые технологии при недропользовании» (Горный университет, Санкт-Петербург, 2016 г.).

Работа удостоена награды в конкурсе грантов 2015 года для аспирантов вузов, расположенных на территории Санкт-Петербурга, в соответствии с распоряжением Комитета по науке и высшей школе от 27.11.2015 № 134.

Публикации. Основное содержание работы отражено в 14 публикациях, 4 из которых опубликованы в журналах из перечня изданий, рекомендованных ВАК, 1 - в издании, индексируемом международной базой данных SCOPUS.

Объем и структура работы. Диссертация изложена на 144 страницах машинописного текста, содержит 4 главы, введение, заключение, 3 приложения, библиографический список из 122 наименований. В работе 36 рисунков, 33 таблицы.

ОСНОВНОЕ СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

В **первой главе** представлены статистические сведения о результатах оспаривания кадастровой стоимости объектов недвижимости, рассмотрено современное состояние системы кадастровой оценки в России. Обоснован выбор объекта исследования, выполнен

аналитический обзор нормативно-правовой и методических баз по ГКО земель населенных пунктов.

Во **второй главе** рассмотрены результаты ГКО земельных участков малоэтажной жилой застройки населенных пунктов Волгоградской области, выполненной по действующей методике. В ходе анализа установлен перечень значимых ценообразующих факторов, оценено качество регрессионных моделей, выявлено наличие пространственной автокорреляции, аргументированы выводы о некорректности применения стандартных статистических методов.

В **третьей главе** обоснована необходимость использования интерполяционного подхода к оценке кадастровой стоимости земельных участков, выполнен анализ применения детерминистических методов интерполяции при проведении оценочных работ. Определена возможность моделирования пространственной структуры данных о сделках с землей, на базе чего построена геостатистическая модель кадастровой оценки земельных участков малоэтажной жилой застройки г. Волгограда.

В **четвертой главе** рассмотрена проблема недостатка исходных данных о значениях рыночных цен земельных участков. Предложен критерий выбора метода геостатистической интерполяции в зависимости от степени развитости рынка недвижимости, на основании чего, разработана методика массовой кадастровой оценки земель малоэтажной жилой застройки населенных пунктов методами геостатистики.

Основные результаты исследований отражены **в защищаемых положениях**:

1. При определении кадастровой стоимости земель малоэтажной жилой застройки населенных пунктов необходимо учитывать пространственную структуру данных о сделках с земельными участками, что позволяет обеспечить среднюю относительную погрешность модели кадастровой оценки в пределах 15%.

На сегодняшний день, до завершения переходного периода, в отношении ГКО земель малоэтажной жилой застройки населенных пунктов в РФ действуют Методические указания по государственной кадастровой оценке земель населенных пунктов, утвержденные

приказом Минэкономразвития от 15.02.2007 г. № 39 (Методика 2007 года). Согласно требованиям Методики 2007 года для кадастровой оценки земель малоэтажной жилой застройки характерно использование методов регрессионного анализа. Для проверки адекватности регрессионных моделей в диссертационной работе были проанализированы результаты ГКО земельных участков малоэтажной жилой застройки населенных пунктов Волгоградской области (как типовой территории субъекта РФ). Оценка качества регрессионных моделей показала, что ни одна из моделей не может быть использована для определения кадастровой стоимости земельных участков по причине отклонения показателей оценки точности от допустимых значений: коэффициент детерминации менее 0,60-0,65 и (или) средняя относительная погрешность превышает 15%. Анализ полученных результатов показал, что основным недостатком применяемых регрессионных моделей является игнорирование наличия пространственной структуры (наличие взаимной зависимости) в исходных данных, что приводит к ухудшению прогнозных качеств моделей и, как следствие, к увеличению ошибки аппроксимации.

Для исследования взаимной зависимости значений рыночных цен земельных участков было проведено изучение пространственной непрерывности исходных данных. С этой целью были построены графики взаимной зависимости рыночных цен 1 кв. метра земельных участков, расположенных на определенном расстоянии друг от друга (таблица 1).

Анализ графиков показал, что точки, расположенные на биссектрисе угла между северным и восточным направлением координатной сетки (прямой $y=x$), имеют одинаковое значение рыночной цены. Таким образом, земельные участки с более схожими значениями рыночных цен располагаются в непосредственной близости от биссектрисы. Группировка точек на графиках свидетельствует о пространственной непрерывности, т.е. земельные участки, расположенные на расстоянии 500 м друг от друга имеют более схожие значения рыночной цены, чем участки, удаленные на большем расстоянии друг от друга (10000 м). Другими словами, имеет место автокорреляция. Факт наличия автокорреляции в данных о сделках с различными объектами недвижимости был установлен в ряде науч-

ных работ Беляевой А.В., Демидовой П.М., Кунц М., Хелбич М., Ларраз Б., Рубио Н.Г. и др.

Учет пространственной корреляции является характерной особенностью геостатистических моделей и методов, в частности, методов пространственной интерполяции. Применение указанных методов предполагает изучение пространственной структуры данных для последующего использования построенной модели в геостатистических оценителях.

Согласно теоретическим положениям геостатистики, основными компонентами пространственной структуры данных являются общий тренд (дрейф) и пространственно коррелированные флуктуации изучаемой переменной. В этой связи был проведен анализ исходных данных на наличие тренда в выборке земельных участков малоэтажной жилой застройки г. Волгограда. Результат представлен на рисунке 1.

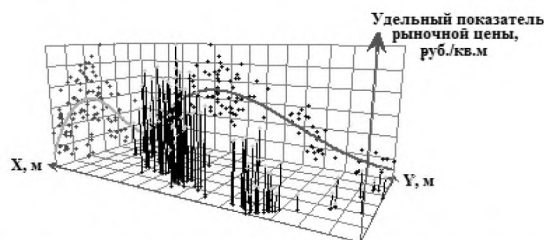


Рисунок 1 - Анализ тренда выборки рыночных цен земельных участков г. Волгограда

Из рисунка видно, что исходные данные имеют глобальный тренд – неслучайную составляющую ценовой поверхности, выраженную в виде полинома 3 порядка.

Для выявления пространственно коррелированных флуктуаций изучаемой переменной были построены вариограммы (полувариограммы), которые служат для количественного описания пространственной непрерывности. График и карта экспериментальной полувариограммы выборки рыночных цен земельных участков малоэтажной жилой застройки г. Волгограда, построенной без учета влияния тренда, представлен на рисунке 2.

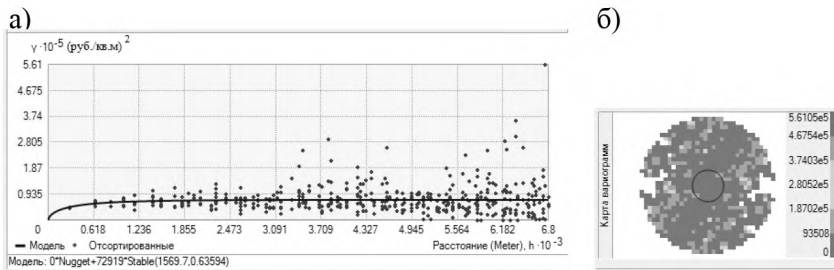


Рисунок 2 - Модель полувариограммы: а) - график экспериментальной полувариограммы; б) – карта полувариограммы

В результате моделирования было определено значение радиуса корреляции (1569.7 м): расстояния, на которое распространяется зависимость между значениями рыночных цен земельных участков.

Уравнение, описывающее модель полувариограммы, определяется формулой (1):

$$\gamma(h) = 72919 \cdot \left[1 - \exp \left(-3 \left(\frac{h}{1569.7} \right)^{0.63594} \right) \right], \quad (1)$$

где h – расстояние между участками, м.

Геостатистическая модель расчета удельных показателей кадастровой стоимости (УПКС) земельных участков малоэтажной жилой застройки г. Волгограда, построенная методом кригинга на основе моделирования пространственной структуры рыночных данных, пригодна для решения поставленной задачи, так как ошибки аппроксимации не превышают допустимых значений: минимальное значение ошибки аппроксимации составляет 0.1%, среднее – 10.6%, максимальное – 15.0%.

Приведенные выше результаты, подтверждающие наличие автокорреляции в значениях рыночных цен земельных участков малоэтажной жилой застройки населенных пунктов Волгоградской области, позволяют обосновать необходимость учета пространственного положения земельных участков. На основании этого, для целей кадастровой оценки следует использовать метод геостатистической интерполяции.

2. В условиях нехватки сведений о значениях рыночных цен земельных участков малоэтажной жилой застройки для целей массовой кадастровой оценки следует использовать многопеременное пространственное моделирование (кокригинг).

Модель, полученная при применении метода геостатистической интерполяции: кригинга, позволяет с достаточной степенью точности проводить оценивание УПКС земельных участков малоэтажной жилой застройки, однако это возможно лишь при достаточном объеме выборки. Для определения количества исходных данных, при котором указанная модель прекратит соответствовать заявленным требованиям, была смоделирована ситуация недостатка значений рыночных цен земельных участков. Для этого весь массив исходных данных пошагово сокращался на 10 участков, и в каждом случае оценивалась точность полученных моделей. В результате был построен график зависимости средней ошибки аппроксимации от объема выборки (рисунок 3).

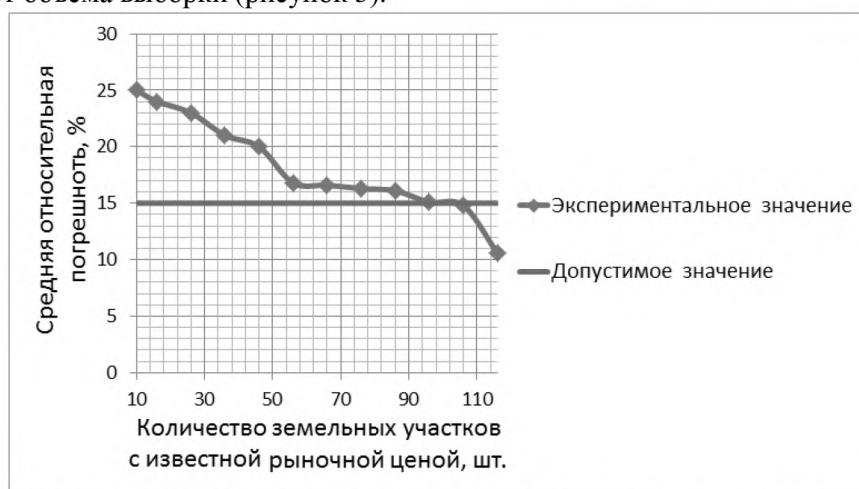


Рисунок 3 - График зависимости средней относительной погрешности моделей кригинга от объема выборки

Из графика видно, что при уменьшении количества значений рыночных цен, наблюдается увеличение значения средней относи-

тельной погрешности, которая при объеме выборки менее 104 участков превышает допустимую величину (15%).

Для обеспечения допустимой точности модели в случае недостатка исходных данных предлагается использовать метод многопеременного пространственного моделирования, а именно – кокригинг. При применении данного подхода происходит оценивание измерения основной переменной (рыночной цены), которое сопровождается дополнительной информацией, представленной в виде измерений других переменных (ценообразующих факторов). Таким образом, кокригинг требует намного большего количества оценок, которые включают как оценку автокорреляции для каждой переменной, так и информацию о корреляции между основной и дополнительными переменными.

Из ряда ценообразующих факторов, входящих в регрессионную модель кадастровой оценки земель малоэтажной жилой застройки г. Волгограда в качестве дополнительной переменной был выбран наиболее значимый фактор: расстояние от объекта до историко-культурного центра населенного пункта. Для данной переменной было установлено наличие автокорреляции (радиус влияния – 11458 м).

Для проверки эффективности введения в геостатистическую модель выборки измерений дополнительной переменной в рамках смоделированной ситуации нехватки значений рыночных цен земельных участков весь массив измерений основной переменной пошагово увеличивался на 10 значений. В каждом случае оценивалась точность полученных моделей (рисунок 4).

На графике видно, что дополнительная информация способствует оценке основной переменной на территориях, где отсутствуют сведения о рыночной цене земельных участков. Кроме того, следует отметить, что значение ошибки аппроксимации возрастает при увеличении объема выборки рыночных цен. Это объясняется тем, что в рыночных ценах уже учтены значения факторов, влияющих на их стоимость, поэтому, в случае их повторного включения в модель возникает ситуация избыточного количества информации, что ведет к увеличению ошибки оценки.

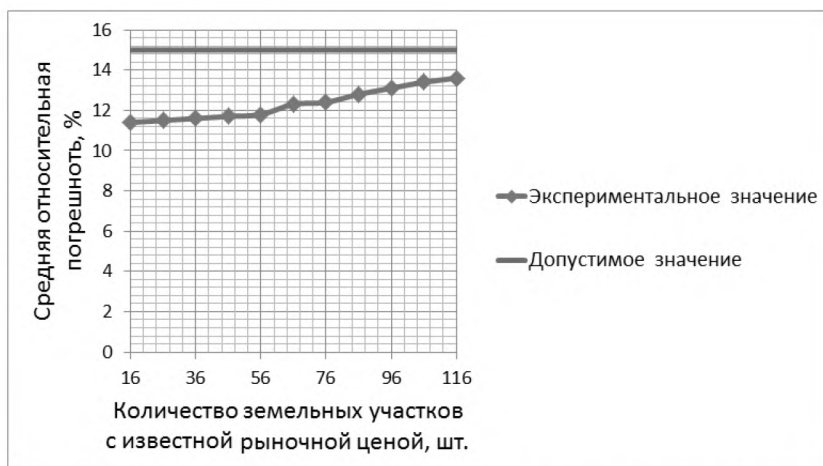


Рисунок 4 - График зависимости средней относительной погрешности моделей кокригинга от объема выборки рыночных цен земельных участков

Минимальное значение ошибки аппроксимации наиболее точной модели, построенной при применении кокригинга, составляет 0.3%, максимальное – 14.7%, среднее – 11.4%. Данная модель пригодна для определения УПКС земельных участков малоэтажной жилой застройки г. Волгограда.

Таким образом, в ходе исследований было выявлено, что введение в модель дополнительных переменных ведет к уменьшению ошибки аппроксимации в случае нехватки измерений основной переменной.

3. Критерием перехода от кригинга к кокригингу является критическое значение плотности выборочной сети земельных участков, которое определяется на основании расчетного значения радиуса корреляции, полученного в результате моделирования пространственной структуры данных.

Установление критерия перехода от кригинга к кокригингу обуславливается недостаточной изученностью вопроса необходимости применения многопеременного пространственного моделирования для целей кадастровой оценки земельных участков.

Для определения объема выборки, при котором включение в модель дополнительных переменных повышает ее точность на при-

мере г. Волгограда был построен график зависимости средней ошибки аппроксимации от количества информации о рыночной цене земельных участков для двух методов: кригинга и кокригинга (рисунок 5).

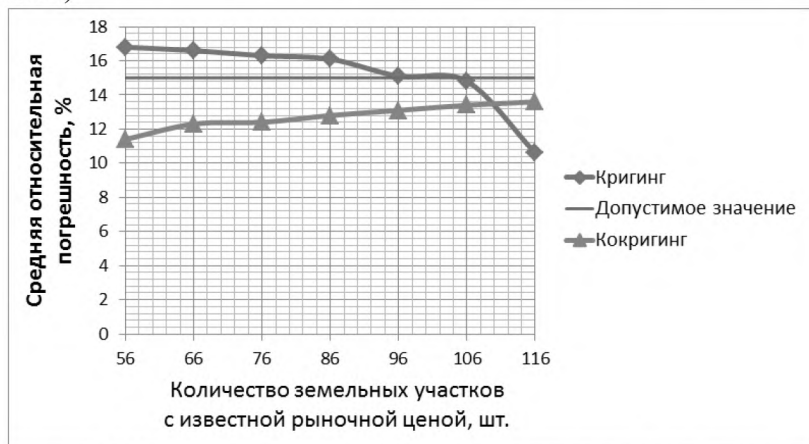


Рисунок 5 - График зависимости средней относительной погрешности от объема выборки рыночных цен земельных участков

На рисунке видно, что при наличии данных о сделках более чем с 110 земельными участками наилучших результатов позволяет добиться применение метода кригинга, в противном случае – кокригинга.

Однако данный показатель не всегда является критерием перехода от метода кригинга к многопеременному пространственному моделированию по двум причинам:

- во-первых, применение кокригинга наиболее трудозатратно в связи с необходимостью проведения дополнительных работ по сбору информации о ценообразующих факторах и не оправдывается в случае соблюдения требований к точности моделей, построенных методом кригинга;

- во-вторых, поведение кривых средней относительной погрешности кригинга/кокригинга при различных условиях может описываться тремя способами, которые схематично представлены на рисунке 6.

Анализ графиков показал, что если точка пересечения кривых лежит выше допустимого значения 15%, то установить необходимость перехода к многопеременному пространственному моделированию без дополнительных условий невозможно (рисунок 6 (б)). В данных условиях, для обеспечения допустимой точности геостатистических моделей кадастровой оценки земельных участков малоэтажной жилой застройки населенных пунктов предлагается ввести удельный показатель: минимально допустимую плотность выборочной сети, позволяющий определять необходимый объем выборки земельных участков в зависимости от площадей территорий, исследуемых в процессе проведения массовой кадастровой оценки.

Минимально допустимую плотность выборочной сети при применении методов геостатистической интерполяции предлагается рассчитывать по формуле (2):

$$\rho_{\min} = \frac{n_{\min}}{S_{\text{окр}}} = \frac{n_{\min}}{\pi \cdot a^2}, \quad (2)$$

где n_{\min} – минимальное число соседних земельных участков, $S_{\text{окр}}$ – площадь окрестности поиска, км²; a – действительный радиус корреляции, км.

Для модели массовой кадастровой оценки земельных участков малоэтажной жилой застройки населенных пунктов г. Волгограда минимальное число соседних земельных участков равно двум, окрестность поиска задается окружностью с радиусом корреляции $a=1569,7 \text{ м}^2=1,6 \text{ км}^2$, таким образом, минимально допустимая плотность выборочной сети, рассчитанная по формуле (2), составляет 0,2 зем. уч./км²:

$$\rho_{\min} = \frac{2}{\pi \cdot 1.6^2} = 0.2 \frac{\text{зем.уч.}}{\text{км}^2}. \quad (3)$$

В соответствии с экспериментальными данными, средняя относительная погрешность определение кадастровой стоимости земельных участков в модели кригинга не превышает допустимого значения при объеме выборки – 104 земельных участка, при этом площадь исследуемой территории составляет 539,2 км². Следовательно, минимально допустимая плотность выборочной сети, полу-

ченная в результате проведенного эксперимента, составляет 0,2 зем. уч./км²:

$$\rho_{\text{экс.}} = \frac{N}{S} = \frac{104}{539.2} = 0.2 \frac{\text{зем.уч.}}{\text{км}^2}, \quad (4)$$

где N – минимально допустимое количество земельных участков в выборке, S – площадь исследуемой территории, км².

Равенство значений допустимой плотности выборочной сети, рассчитанной двумя способами, подтверждает возможность применения формулы (2) для определения минимально допустимой плотности выборочной сети при применении методов геостатистической интерполяции.

Таким образом, перед началом оценочных работ необходимо провести сравнение фактического показателя плотности выборочной сети с минимально допустимым значением. В случае недостатка исходных данных о значениях рыночных цен земельных участков необходимо дополнить выборку. На территориях с неразвитым рынком недвижимости, на которых невозможно провести сбор дополнительной рыночной информации, существует возможность дополнить выборку сведениями об измерениях дополнительных переменных (ценообразующих факторов) в областях, где отсутствуют данные о сделках с земельными участками. В таком случае, возникает потребность в рассмотрении многопеременного пространственного моделирования (кокригинга).

Исходя из полученных результатов, необходимость сбора дополнительной информации и перехода к кокригину, в первую очередь, возникает в том случае, если плотность выборочной сети не достигает минимально допустимого значения.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Основные научные и практические результаты работы заключаются в следующем:

1. Выявлены недостатки действующей методики, обусловленные отсутствием жестких требований к составу ценообразующих факторов и объему выборки исходных данных, а также игнорированием взаимозависимостей в значениях рыночных цен земельных участков.

2. Установлено наличие пространственной автокорреляции в

исходных данных и обоснована возможность моделирования пространственной структуры данных о сделках при определении кадастровой стоимости земельных участков малоэтажной жилой застройки населенных пунктов.

3. Доказана необходимость применения методов геостатистической интерполяции при проведении кадастровой оценки земельных участков малоэтажной жилой застройки населенных пунктов.

4. Определена зависимость ошибки аппроксимации от количества значений рыночных цен, которая при применении метода кригинга носит обратно пропорциональный характер, а при использовании кокригинга – прямо пропорциональный.

5. На основе экспериментальных исследований установлено, что критерием перехода от кригинга к кокригину является критическое значение плотности выборочной сети, которое определяется на основании расчетного значения радиуса влияния, полученного в результате моделирования пространственной структуры данных.

6. Разработана методика массовой кадастровой оценки земельных участков малоэтажной жилой застройки, основанная на применении методов геостатистики, позволяющая проводить государственную кадастровую оценку в условиях различной степени развитости рынка недвижимости.

Сопоставление результатов моделирования методом регрессионного анализа и методами геостатистической интерполяции позволило доказать преимущества предложенного подхода для определения кадастровой стоимости земельных участков малоэтажной жилой застройки населенных пунктов.

Основные результаты диссертации изложены в следующих работах, опубликованных в изданиях, рекомендованных ВАК Минобрнауки России:

1. **Снытко (Рыбкина), А.М.** Обоснование применения геостатистического метода интерполирования исходных данных для массовой кадастровой оценки земель населенных пунктов на примере г. Всеволожска [Электронный ресурс] / **А.М. Снытко (Рыбкина), В.А. Киселев** // Инженерный вестник Дона. – 2013. – №3. – Режим доступа: ivdon.ru/magazine/archive/n3y2013/1797.

2. **Рыбкина, А.М.** Влияние изменчивости значений рыночных цен на применение методов геостатистической интерполяции для кадастровой оценки земель населенных пунктов [Текст] / **А.М. Рыбкина**, П.М. Демидова // Естественные и технические науки. – М.: Издательство «Спутник +». – 2015. – №3(81). – С. 98-100.

3. **Рыбкина, А.М.** Обоснование применения методов геостатистической интерполяции при проведении кадастровой оценки земельных участков индивидуальной жилой застройки населенных пунктов [Текст] / **А.М. Рыбкина** // Имущественные отношения в Российской Федерации. – М.: Международная академия оценки и консалтинга. – 2016. – №11 (182). – С. 29-40.

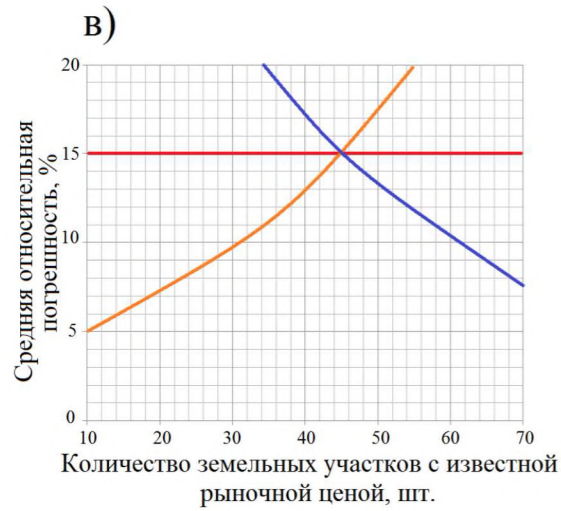
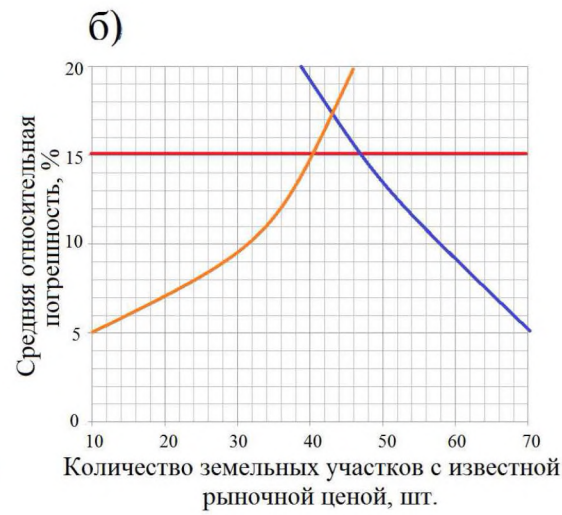
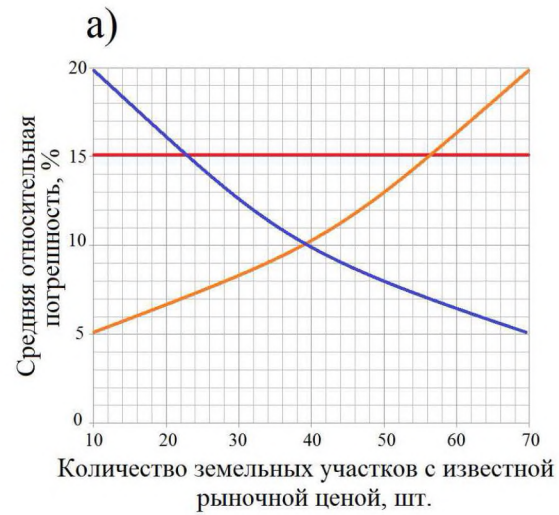
4. **Рыбкина, А.М.** Детерминистические методы интерполяции и возможность их применения для целей кадастровой оценки земель малоэтажной жилой застройки населенных пунктов [Текст] / **А.М. Рыбкина**, П.М. Демидова // Международный научно-исследовательский журнал. – 2016. – № 11 (53). – С. 70-72.

В издании, индексирующемся в международной базе данных SCOPUS:

5. Kiselev, V.A. Working-Out of the Geostatistical Model of Mass Cadastral Valuation of Urban Lands Evidence from the City Vsevolozhsk [Text] / V.A. Kiselev, **А.М. Rybkina**, P.M. Demidova // International Journal of Applied Engineering Research. – 2016. – Vol. 11, № 24. – P. 11631-11638.

Таблица 1- Проверка исходных данных на наличие пространственной непрерывности

Наименование подгруппы	«Город Волгоград» (ГНП)	«Города областного подчинения» (ГНП)	«Остальные населенные пункты» (ГНП)	Все ЗУ СНП
График зависимости значений рыночной цены земельных участков, расположенных на расстоянии 500 м				
График зависимости значений рыночной цены земельных участков, расположенных на расстоянии 10000 м				



Условные обозначения :

- Кригинг
- Допустимое значение
- Кокригинг

Рисунок 6 – Варианты пересечения кривых средней ошибки аппроксимации при применении метода кригинга/кокригинга:
 а) – ниже допустимого значения; б) – выше допустимого значения; в) – совпадает с допустимым значением