

МАТЕМАТИЧЕСКИЕ И ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫЕ МЕТОДЫ ЭКОНОМИКИ

УДК: 339.13.017
JEL: C46; R30; R32

Кадастровая стоимость как инструмент мониторинга рыночной стоимости недвижимости*

М. Б. Ласкин¹, Л. В. Гадасина², Е. А. Зайцева³

¹ Санкт-Петербургский федеральный исследовательский центр РАН,
Российская Федерация, 199178, Санкт-Петербург, 14-я линия В. О., 39

² Санкт-Петербургский государственный университет,
Российская Федерация, 199034, Санкт-Петербург, Университетская наб., 7–9

³ ООО «Райк Ру»,
Российская Федерация, 195027, Санкт-Петербург, Свердловская наб., 44

Для цитирования: Ласкин М.Б., Гадасина Л.В., Зайцева Е.А. (2021) Кадастровая стоимость как инструмент мониторинга рыночной стоимости недвижимости. *Вестник Санкт-Петербургского университета. Экономика*. Т. 37. Вып. 1. С. 84–108.

<https://doi.org/10.21638/spbu05.2021.104>

В теории и практике оценки объектов недвижимости, а также в ходе аналитических исследований при изучении динамики рынков недвижимости возникает проблема отслеживания изменений рыночных цен. Кажущаяся простота этой задачи приводит к тому, что в повседневной действительности как участники рынка, так и профессиональные аналитики довольствуются наблюдениями за средними ценами. Однако в условиях современного информационного потока при наличии большого количества специальных программных средств, обширного статистического материала могут быть применены более глубокие методы исследований, недоступные ранее по очевидным причинам. Цель исследования — изучение больших массивов текущих рыночных данных об объектах недвижимости и сопоставление их с кадастровой стоимостью (определенной в соответствии с российским законодательством как рыночной на установленную дату). Возникают задачи, связанные с изучением многомерных распределений рыночных цен и кадастровых стоимостей. Основной проблемой при изучении динамики рыночных цен объектов недвижимости является невозможность отследить изменение цены для каждого объекта, так как они постоянно выставляются на про-

* Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 20–01–00646 (А).

дажу и снимаются с нее. Выполненная в России в 2014 г. работа по установлению кадастровой стоимости объектов недвижимости (как рыночной на дату оценки) открывает возможность изучения двумерных распределений текущих рыночных и кадастровых цен, оценки динамических характеристик рынка, динамики изменения рыночной стоимости для любых объектов недвижимости, в том числе для тех, которых не оказалось в выборках наблюдений ни в базовом периоде, ни в периоде сравнения. Основным результатом статьи является разработка метода, позволяющего оценивать рыночную стоимость объектов недвижимости в режиме реального времени по мере поступления новых рыночных данных путем их сравнения с установленной ранее кадастровой стоимостью.

Ключевые слова: рыночная стоимость недвижимости, кадастровая стоимость, двумерное совместное нормальное распределение, многомерный статистический анализ в оценке недвижимости.

Введение

Рынок недвижимости выступает одним из важнейших системообразующих сегментов в экономике любой страны. Объекты, попадающие в его оборот, являются как конечным продуктом деятельности предприятий строительной отрасли, порождающих дальнейшую цепочку хозяйственных связей в национальной экономике, так и результатом работы органов государственного регулирования (рынок земельных участков). Таким образом, рынок недвижимости формируется в значительной степени под влиянием общей макроэкономической ситуации в стране.

Экономические показатели рынка недвижимости и макроэкономические показатели в целом имеют тесную взаимосвязь [Максимов, Бачуринская, 2013]. Условия, в которых существует и развивается рынок недвижимости, часто приближены к условиям совершенной конкуренции: много продавцов и покупателей; ценовые коалиции, как правило, невозможны; информация об объектах открыта и доступна участникам рынка; при изучении предмета сделки продавец не обязан продавать, а покупатель — покупать и т. д.

Современные условия требуют новых подходов к обработке значительно увеличившихся потоков рыночной информации в сфере недвижимости, ориентированных прежде всего на работу с большими данными (big data). Постоянное сравнение текущих рыночных данных с данными кадастрового учета (кадастровыми стоимостями) позволит реализовать ряд важных задач рынка недвижимости, таких как:

- пересчет кадастровой стоимости в автоматическом режиме при принятии субъектом федерации решения о внеочередной кадастровой оценке;
- оценка текущей рыночной стоимости для объектов, отсутствующих в листингах рыночных данных;
- оценка текущих темпов роста рынка;
- построение динамических рядов и прогнозов рынка.

Предлагаемый в статье подход не зависит от типа недвижимости, он может быть применен как к объектам жилой, промышленной, коммерческой недвижимости, так и к оценке земельных участков. Земельные участки в данном смысле являются даже более удобным объектом исследования, поскольку у них нет амортизации и износа.

Необходимо отметить три проблемы, возникающие при работе с большими данными в сфере оценки недвижимого имущества.

1. В Российской Федерации оценочная деятельность (по понятным причинам) получила свое развитие только в конце 1990-х гг. с принятием Федерального закона «Об оценочной деятельности в Российской Федерации»¹. Многие из привнесенных на отечественную почву сравнительных методик развивались за рубежом (прежде всего в Великобритании и в США) в 1950-х гг. и ориентированы на малые выборки. В случае малых выборок принципиальное значение имеет способ извлечения выборки — это часто порождает ошибки и, как следствие, конфликты между участниками рынка. Современные математические методы и прикладные пакеты позволяют быстро получать необходимую аналитику из больших массивов данных, достоверность которых не вызывает сомнений.
2. Представленные на рынке частные базы данных рынка недвижимости имеют разную структуру. Они создаются в рекламных целях и не ориентированы на аналитические исследования, что создает определенные трудности при подготовке данных.
3. До недавнего времени не было единой базы для сравнения рыночных данных. Ключевыми событиями в последние годы на рынке недвижимости Российской Федерации стали создание института кадастровой оценки и внесение в Государственный кадастр сведений о кадастровой стоимости. Сведения о кадастровой стоимости по всему перечню объектов, прошедших кадастровый учет, вносились уже дважды: по состоянию на 1 января 2015 г.² и 2018 г.³

В 2015 г. действовало следующее определение «федерального стандарта оценки №4»: «Под кадастровой стоимостью понимается установленная в процессе государственной кадастровой оценки рыночная стоимость объекта недвижимости, определенная методами массовой оценки, или, при невозможности определения рыночной стоимости методами массовой оценки, рыночная стоимость, определенная индивидуально для конкретного объекта недвижимости в соответствии с законодательством об оценочной деятельности»⁴. Действующий Федеральный закон РФ № 237–ФЗ от 3 июля 2016 г. «О Государственной кадастровой оценке»⁵ не упо-

¹ Федеральный закон РФ № 135–ФЗ от 29 июля 1998 г. (ред. от 29 июля 2017 г.) «Об оценочной деятельности в Российской Федерации». URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_19586/ (дата обращения: 20.02.2021).

² Приказ Комитета имущественных отношений Санкт-Петербурга от 27 августа 2015 г. № 59-п «Об утверждении результатов определения кадастровой стоимости помещений площадью менее 3000 кв. м на территории Санкт-Петербурга». URL: <http://gov.spb.ru/gov/otrasl/kio/documents/invedokumenty/4434/> (дата обращения: 20.02.2021).

³ Отчет об определении кадастровой стоимости объектов недвижимости на территории Санкт-Петербурга №1/2018, Санкт-Петербургское государственное бюджетное учреждение «Городское управление кадастровой оценки», Санкт-Петербург, 2018. URL: <http://www.ko.spb.ru/interim-reports/> (дата обращения: 20.02.2021).

⁴ Федеральный стандарт оценки «Определение кадастровой стоимости (ФCON№4), утвержден приказом Минэкономразвития № 508 от 22 октября 2010 г. URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_113247/ (дата обращения: 20.02.2021).

⁵ Федеральный закон РФ №237–ФЗ от 3 июля 2016 г. «О государственной кадастровой оценке» URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_200504/ (дата обращения: 20.02.2021).

минает о связи кадастровой стоимости с рыночной, но такое указание содержится в «Методических указаниях о государственной кадастровой оценке», утвержденных Приказом Минэкономразвития России № 226 от 12 мая 2017 г., причем предполагается определение кадастровой стоимости как рыночной, исходя из «возможности продолжения фактического вида его использования независимо от ограничений на распоряжение этим объектом недвижимости»⁶. Определение рыночной стоимости закреплено в российском законодательстве; в соответствии с ним под рыночной стоимостью понимается наиболее вероятная цена, по которой объект может быть отчужден на открытом рынке в условиях конкуренции при соблюдении комплекса условий. Текст этого определения содержится в Федеральном законе РФ № 135–ФЗ от 29 июля 1998 г.

В Санкт-Петербурге кадастровая оценка 2015 г. (а также 2018 г. и 2020 г.) проведена в соответствии с пониманием кадастровой стоимости как рыночной на дату проведения оценки. Таким образом, мы считаем, что для всех объектов кадастрового учета в 2014 г. (введен в действие с 1 января 2015 г.) определена рыночная стоимость, которая под названием кадастровая стоимость содержится в Государственном кадастре. Этот факт дает возможность сравнивать текущие рыночные данные с кадастровыми⁷ 2015 г. и на этой основе строить оценки рыночной стоимости для любых объектов, даже если они с момента проведения кадастровой оценки ни разу не попадали в листинги рыночных данных.

Федеральный закон РФ № 237–ФЗ от 3 июля 2016 г. «О государственной кадастровой оценке» предусматривает проведение государственной кадастровой оценки не чаще, чем один раз в три года (для городов федерального значения один раз в два года), но не реже чем один раз в пять лет, а кроме того, предусматривает возможность внеочередной кадастровой оценки в случаях изменения индекса недвижимости более чем на 30 %⁸. В связи с этим возникает вопрос: можно ли, пользуясь современными технологиями обработки больших данных, быстро пересчитать кадастровую стоимость сопоставлением действующей кадастровой стоимости и текущих рыночных данных (с учетом результатов, участвующих в расчете индекса недвижимости)? Потенциальные возможности в РФ для этого созданы: текущая рыночная стоимость постоянно меняется и в определенные моменты времени фиксируется одновременно по всем объектам недвижимости и заносится в базу данных кадастрового учета в виде кадастровой стоимости. Проблема сопоставления текущей рыночной стоимости и кадастровой стоимости заключается в том, что рыночных данных априори меньше, чем кадастровых, и они, как правило, не содержат уникального идентификатора (кадастрового номера). В этом случае приходится прибегать к изучению совместных вероятностных распределений кадастровых и рыночных стоимостей и к процедурам сопоставления данных с использованием статистических методов.

⁶ Приказ Минэкономразвития России № 226 от 12 мая 2017 г. (ред. от 09.08.2018) «Об утверждении методических указаний о государственной кадастровой оценке» (Зарегистрировано в Минюсте России №46860 от 29 мая 2017 г.). URL: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_217405/ (дата обращения: 20.02.2021).

⁷ Статья готовилась к печати до появления отчета о кадастровой стоимости 2018 г.

⁸ Приказ Минэкономразвития России № 302 от 29 мая 2019 г. «Об утверждении порядка расчета индекса рынка недвижимости» (зарегистрировано в Минюсте России № 55064 от 27 июня 2019 г.). URL: <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/72180938/> (дата обращения: 20.02.2021).

1. Обзор современного состояния проблемы

В последнее время наряду с классическими подходами к оценке стоимости недвижимости, которых придерживается российское оценочное сообщество, многие зарубежные авторы предлагают нестандартные приемы в оценке. Например, основная идея метода гедонистического ценообразования состоит в выявлении статистической связи между средней или медианной стоимостью жилья, внутренними ценообразующими факторами (площадь помещения, тип дома, этажность и т. д.) и внешними факторами (расстояние до центра города, наличие метро, близость парка, уровень шума и т. д.). Статистическая зависимость, как правило, оценивается через модели линейной, логарифмической или частично-логарифмической зависимости (см., напр.: [Anselin, Lozano-Gracia, 2008; Benson et al., 1998; Debrezion, Pels, Rietveld, 2011; Jim, Chen, 2006; Rivas et al., 2019; Wena, Zhanga, Zhang, 2015]).

В ряде работ используются нерегрессионные модели оценки объектов недвижимости. Для предсказания стоимости жилья задействуются нейронные сети [Peterson, Flanagan, 2009], методы машинного обучения: «случайный лес» [Antipov, Pokryshevskaya, 2012] и метод опорных векторов [Kontrimas, Verikas, 2011], а также сравниваются результаты применения таких методов, как «деревья решений», наивный байесовский классификатор, алгоритм AdaBoost и др. [Park, Bae, 2015]. Все они требуют использования больших выборок данных.

Еще одним подходом является применение индексов цен. Например, в [Case, Shiller, 1987; Englund, Quigley, Redfearn, 1998] рассматривается индекс цен на жилье Case — Shiller. В [Englund, Quigley, Redfearn, 1999; Epley, 2016; Malpezzi, 2002] исследуется индекс повторной продажи, который предсказывает изменение стоимости перепроданного объекта из-за разницы во времени и изменения его атрибутов между первоначальной продажей и последующей перепродажей. При этом авторы описывают гибридный метод, сочетающий гедонистический подход и метод повторной продажи [Case, Quigley, 1991; Englund, Quigley, Redfearn, 1998; Jones, 2010; Wang, Zheng, 2018]. Все указанные индексы являются медианными, т. е. учитывают усредненные цены.

Ряд работ в области анализа цен объектов посвящен исследованию цен-пузырей. В литературе предлагается определять пузырь как ситуацию, при которой рыночная цена актива существенно отклоняется от его фундаментальной стоимости из-за спекулятивной торговой деятельности [Brunnermeier, 2009]. Основным подходом здесь является использование разных вариаций методов авторегрессии, примененных к усредненным ценам [Fabozzi, Xiao, 2019; Fernandez-Kranz, Hon, 2006; Phillips, Shi, Yu, 2015a; 2015b].

В теории и практике оценки объектов при изучении динамики рынков недвижимости возникает проблема отслеживания изменений рыночных цен.

В настоящее время в условиях наличия большого количества специализированного программного обеспечения и обширного статистического материала стало возможным применение более глубоких методов исследования (недоступных ранее по очевидным причинам), чем простой расчет средних значений.

Следует отметить, что сравнительному подходу в оценочной литературе уделяется недостаточное внимание (например, в ставшей классической, переведенной в 2009 г. на русский язык книге британских сюрвейеров [Сейс и др., 2009]). Воз-

можная причина этого состоит в том, что статистический анализ требует большего объема данных, чем привычный для практикующих оценщиков выбор 5–6 объектов сравнения, и предполагает активное использование методов статистического анализа данных в соответствующих прикладных пакетах (SPSS, Statistica, MathLab, R и т. д.). В современных условиях проблема поиска массива объектов сравнения (речь идет об исследовании удельных цен за 1 кв. м) не представляется неразрешимой — данных на рынке много.

В Российской Федерации в 2014 г. была проведена важная и трудоемкая работа по расчетам кадастровой стоимости всей недвижимости. Подготовка к переходу от учетных цен к кадастровой стоимости была начата задолго до 2014 г., но только в 2015 г. впервые появилась полная база данных всех объектов недвижимости, прошедших кадастровый учет (по состоянию на 1 января 2015 г.), содержащая кадастровую стоимость каждого объекта. Это обстоятельство открывает новые, недоступные ранее подходы к оценке и наблюдению динамики рынков недвижимости. Предоставляются также возможности для создания принципиально новых баз данных в отрасли, включающих идентификацию объектов (кадастровый номер), кадастровую стоимость, рыночную информацию (цены предложений, цены сделок) и список ценообразующих факторов. В [Ласкин, Гадасина, 2018] описывается, как, имея представительную рыночную выборку и совмещая базу рыночных данных с кадастровой базой данных, можно быстро переоценить кадастровую стоимость для всех объектов некоторого класса недвижимости (жилой, коммерческой, их подклассов и т. д.), а не только для тех, которые находились в исходной выборке. В настоящей статье будет рассмотрен вопрос о том, каким образом, имея рыночные выборки с разницей, например, в один год, можно построить оценки изменения рыночных стоимостей для всех объектов недвижимости, а не только для входивших в них объектов.

Очевидно, что за год основная часть объектов уйдет с продажи, при этом не менее значительное их число, наоборот, будет выставлено на продажу. Таким образом, отследить изменение цен для конкретных объектов не удастся. Предложенный авторами статьи подход показывает, как, используя известные кадастровые стоимости, построить оценки рыночной стоимости для любого объекта в базовом периоде и в периоде сравнения. Этот подход позволяет проводить мониторинг рыночных цен, рассматривая приведенные цены всех объектов недвижимости, а не только их средние показатели.

Кадастровые базы данных включают в себя полный перечень объектов недвижимости имущества, прошедшего кадастровый учет (кадастровая стоимость определена как рыночная на дату кадастровой оценки). Рыночные базы данных содержат гораздо меньшее количество объектов, но отличаются тем, что в них указывается текущая цена предложения (или сделки, если иметь в виду, например, данные банков). Сопоставление множеств данных объектов сравнения, отфильтрованных по ценообразующим факторам объекта оценки, позволяет построить модельные совместные распределения кадастровых и рыночных цен на любую дату, а не только на дату кадастровой оценки. По такому модельному распределению могут быть построены оценки рыночных стоимостей любых объектов, даже тех, для которых рыночные данные отсутствуют.

Таким образом, рыночная стоимость на дату оценки может быть оценена как наиболее вероятное значение цен, определенное как точка максимума плотности условного распределения цен при фиксированной кадастровой стоимости. Подобные методы ранее не были доступны в РФ (до 2015 г. не было базы данных, содержащей кадастровые стоимости всех объектов, выявленных по состоянию на 1 января 2015 г. и теперь уже на 1 января 2018 г. и 1 января 2020 г.). За рубежом, насколько известно, такие методы, как и методы многомерного статистического анализа, не применялись.

Необходимо отметить, что с введением расчета налога на имущество от кадастровой стоимости появилась особая категория судебных споров об оспаривании кадастровой стоимости, поскольку закон допускает замену кадастровой стоимости на текущую рыночную. Глубокий анализ проблем, порождающих такие споры, проведен в [Максимов, 2018]. В контексте этой проблемы представляется актуальной возможность создания автоматизированных сервисов, позволяющих собственнику оценить в автоматическом режиме целесообразность индивидуальной оценки и обращения в комиссию⁹ или в суд, поскольку это связано с определенными затратами.

В настоящем исследовании кадастровая стоимость за 1 кв. м и рыночные цены объектов за 1 кв. м рассматриваются как случайные величины. Под распределением цен понимаются вероятностные законы распределения соответствующих случайных величин. С расчетной точки зрения цену предложения (сделки) следует рассматривать как случайную величину, а рыночную стоимость — как ее числовую характеристику. На это прямо указывает определение рыночной стоимости, представленное в Федеральном законе РФ № 135–ФЗ от 29 июля 1998 г. «Об оценочной деятельности в РФ».

Индивидуальная оценка также не отменяет статистического подхода. В этом случае стараются принять во внимание более широкий набор ценообразующих факторов, чем тот, который был уже учтен при определении кадастровой стоимости методами массовой оценки. Однако даже в такой ситуации сравнивают только те ценообразующие факторы, которые могут быть обнаружены для объекта оценки и объектов сравнения. Учесть все факторы нельзя, так как информация о некоторых из них (например, субъективного характера) недоступна.

2. Построение математической модели оценки рыночной стоимости объектов недвижимости

Часто оказывается, что распределение цен на рынке недвижимости хорошо описывается логарифмически нормальным законом распределения. Так, логарифмически нормальное распределение цен для объектов недвижимости наблюдали зарубежные исследователи [Aitchinson, Brown, 1963; Ciurlia, Gheno, 2009; Ohnishi, Mizuno, Shimizu, Watanabe, 2011]. Следует подчеркнуть, что данный вид распреде-

⁹ Комиссии по рассмотрению споров о результатах определения кадастровой стоимости создаются уполномоченным органом субъекта РФ (ч. 1, 2 ст. 22 «Закона о кадастровой оценке»). Порядок работы определен Приказом Минэкономразвития России № 620 от 17 ноября 2017 г. URL: <https://base.garant.ru/71856282/> (дата обращения: 01.03.2021).

ления для рентных ставок упоминался еще в 1963 г. в классической книге профессоров Кембриджского университета Д. Айчинсона и Д. Брауна [Aitchinson, Brown, 1963], однако этот пример, похоже, остался незамеченным оценочным сообществом. Подобные наблюдения отмечались и отечественными исследователями [Озеров, Пупенцова, 2015; Никулина, Пономарева, Пупенцова, 2015].

Предметом исследования настоящей статьи являются совместные (двумерные) распределения рыночных стоимостей объектов недвижимого имущества, определенных на установленную государством дату кадастровой оценки и внесенных в государственные кадастровые базы как кадастровые стоимости и цены на объекты недвижимости, извлекаемые из рыночных листингов.

В [Русаков, Ласкин, Джаксумбаева, 2016b] было показано, что если логарифмы случайных величин X и Y распределены совместно нормально, то при фиксированном значении $Y = y$ верна формула:

$$Mode(X|Y = y) = \exp\left(\mu_1 + \rho \frac{\sigma_1}{\sigma_2} (\ln(y) - \mu_2) - \sigma_1^2 (1 - \rho^2)\right), \quad (1)$$

где $Mode(\cdot)$ — мода закона распределения; $\mu_1, \mu_2, \sigma_1, \sigma_2$ — математические ожидания и стандартные отклонения компонент двумерного случайного вектора (X, Y) ; ρ — коэффициент корреляции.

Рассмотрим следующие случайные величины:

$V_{\text{кк}}$ — кадастровая стоимость (КК) объекта (за 1 кв. м);

$V_{\text{шт}}$ — цена предложения объекта (за 1 кв. м).

Пусть логарифмы величин $V_{\text{кк}}$ и $V_{\text{шт}}$ распределены совместно нормально, с параметрами μ_1, σ_1 и μ_2, σ_2 , соответственно, ρ — коэффициент корреляции. Тогда для двумерной случайной величины $(V_{\text{кк}}, V_{\text{шт}})$ справедлива формула, показывающая, что зависимость рыночной стоимости (РС) от КК, зафиксированной на некотором уровне v , имеет вид степенной функции (получается прямым преобразованием формулы (1)):

$$MV = Mode(V_{\text{шт}}|V_{\text{кк}} = v) = \exp\left(\mu_1 - \rho \frac{\sigma_1}{\sigma_2} \mu_2 - \sigma_1^2 (1 - \rho^2)\right) \times \exp\left(\rho \frac{\sigma_1}{\sigma_2} \ln(v)\right) = Av^{\rho \frac{\sigma_1}{\sigma_2}},$$

т. е.
$$MV = Av^{\rho \frac{\sigma_1}{\sigma_2}}, \quad (2)$$

где $A = \exp\left(\mu_1 - \rho \frac{\sigma_1}{\sigma_2} \mu_2 - \sigma_1^2 (1 - \rho^2)\right)$; MV — рыночная стоимость (market value).

Несмотря на определение РС, данное в Федеральном законе РФ № ФЗ–135 от 29 июля 1998 г., продолжают попытки оценки РС через средние арифметические или средние геометрические. Однако даже в этих случаях сохранится характер степенной функции, так как оценка РС как среднего арифметического даст формулу:

$$MV = Av^{\rho \frac{\sigma_1}{\sigma_2}}, \text{ где } A = \exp\left(\mu_1 - \rho \frac{\sigma_1}{\sigma_2} \mu_2 + \frac{1}{2} \sigma_1^2 (1 - \rho^2)\right),$$

а как среднего геометрического — формулу:

$$MV = Av^{\rho \frac{\sigma_1}{\sigma_2}}, \text{ где } A = \exp\left(\mu_1 - \rho \frac{\sigma_1}{\sigma_2} \mu_2\right).$$

Формула (2) предоставляет возможности решения следующих задач:

- при имеющемся массиве данных по ценам предложений (рыночная информация) пересчитать КС так, чтобы она соответствовала текущему состоянию рынка;
- в периодах между плановыми пересмотрами КС оценить текущую РС объекта (в приведенных единицах);
- для отслеживания динамики рынка построить оценку РС в периоде сравнения, оценку РС в выбранном базовом периоде и вывести формулу зависимости РС в периоде сравнения от РС в базовом периоде.

Первые две задачи рассмотрены в [Ласкин, Гадасина, 2018]. Третья задача рассматривается в настоящей статье.

Заметим, что формула (2) позволяет найти «точку равновесия» v_0 , в которой кадастровая стоимость совпадает с текущей рыночной:

$$v_0 = Av_0^{\rho \frac{\sigma_1}{\sigma_2}}.$$

В зависимости от знака коэффициента корреляции ρ , с одной стороны от точки v_0 кадастровая стоимость больше, а с другой — меньше рыночной.

Предположим, что имеются две базы рыночных данных: в базовом периоде и в периоде сравнения. Для определенности будем считать, что разница между ними во времени составляет один год. Введем обозначения: $V_{\text{база}}$ — цена предложения в базовом периоде, $V_{\text{сравн.}}$ — цена предложения через год. Везде в дальнейшем нижний индекс «база» будет относиться к параметрам базового периода, нижний индекс «сравн.» — к параметрам периода сравнения.

Тогда для рыночной стоимости в базовом периоде справедлива формула

$$MV_{\text{база}} = \exp\left(\mu_{1/\text{база}} + \rho_{\text{база}} \frac{\sigma_{1/\text{база}}}{\sigma_{2/\text{база}}} (\ln(v) - \mu_{2/\text{база}}) - \sigma_{1/\text{база}}^2 (1 - \rho_{\text{база}}^2)\right),$$

а для рыночной стоимости в периоде сравнения

$$MV_{\text{сравн.}} = \exp\left(\mu_{1/\text{сравн.}} + \rho_{\text{сравн.}} \frac{\sigma_{1/\text{сравн.}}}{\sigma_{2/\text{сравн.}}} (\ln(v) - \mu_{2/\text{сравн.}}) - \sigma_{1/\text{сравн.}}^2 (1 - \rho_{\text{сравн.}}^2)\right),$$

которые могут быть представлены в виде степенных зависимостей:

$$MV_{\text{база}} = A_{\text{база}} v^{\rho_{\text{база}} \frac{\sigma_{1/\text{база}}}{\sigma_{2/\text{база}}}} \quad MV_{\text{сравн.}} = A_{\text{сравн.}} v^{\rho_{\text{сравн.}} \frac{\sigma_{1/\text{сравн.}}}{\sigma_{2/\text{сравн.}}}},$$

где

$$A_{\text{база}} = \exp\left(\mu_{1/\text{база}} - \rho_{\text{база}} \frac{\sigma_{1/\text{база}}}{\sigma_{2/\text{база}}} \mu_{2/\text{база}} - \sigma_{1/\text{база}}^2 (1 - \rho_{\text{база}}^2)\right),$$

$$A_{\text{сравни.}} = \exp \left(\mu_{1/\text{сравни.}} - \rho_{\text{сравни.}} \frac{\sigma_{1/\text{сравни.}}}{\sigma_{2/\text{сравни.}}} \mu_{2/\text{сравни.}} - \sigma_{1/\text{сравни.}}^2 (1 - \rho_{\text{сравни.}}^2) \right).$$

Выражая величину v через $MV_{\text{база}}$ и подставляя полученную зависимость в уравнение для $MV_{\text{сравни.}}$, получаем зависимость рыночной стоимости в периоде сравнения от рыночной стоимости в базовом периоде:

$$MV_{\text{сравни.}} = A_{\text{сравни.}} \left(\frac{MV_{\text{база}}}{A_{\text{база}}} \right)^{\frac{\rho_{\text{сравни.}} \cdot \sigma_{1/\text{сравни.}}}{\rho_{\text{база}} \cdot \sigma_{1/\text{база}}}}. \quad (3)$$

Очевидно, что эта зависимость также имеет вид степенной функции и точку равновесия, отвечающую условию:

$$v_0 = A_{\text{сравни.}} \left(\frac{v_0}{A_{\text{база}}} \right)^{\frac{\rho_{\text{сравни.}} \cdot \sigma_{1/\text{сравни.}}}{\rho_{\text{база}} \cdot \sigma_{1/\text{база}}}}.$$

Подчеркнем, что цена итоговой сделки на объект недвижимости, как правило, отличается от цены предложения, поскольку в большинстве случаев имеется скидка на торг. В [Русаков, Ласкин, Джаксумбаева, 2016а] приводятся примеры, показывающие, что имеются основания считать вероятностное распределение цены сделки также логнормальным, а следовательно, формула (2) также верна и для пары «кадастровая стоимость объекта — цена сделки». Исследование рыночных данных по ценам сделок приведет к аналогичному виду связи между ценой предложения и ценой сделки, и, как следствие, к формированию скидки на торг как степенной функции от цены предложения. В настоящей статье мы ограничиваемся только изучением динамики цен предложения, опуская вопросы, связанные со скидкой на торг.

3. Тестирование модели на реальных рыночных данных

Применим описанную модель к реальным рыночным данным по жилой недвижимости Санкт-Петербурга как второго по величине мегаполиса Российской Федерации.

В Санкт-Петербурге общее количество объектов недвижимого имущества составляет: земельные участки — 147 014, здания — 116 023, сооружения — 12 883, объекты незавершенного строительства — 1 202, жилые помещения — 2 248 210, нежилые помещения — 503 039, машино-места — 2 962¹⁰.

Рассмотрим три базы данных, включающих:

- объявления о продажах объектов вторичной жилой недвижимости в Санкт-Петербурге на конец 2016 г. (базовая дата);

¹⁰ Отчет об определении кадастровой стоимости объектов недвижимости на территории Санкт-Петербурга №1/2018, Санкт-Петербургское государственное бюджетное учреждение «Городское управление кадастровой оценки», Санкт-Петербург, 2018. URL: <http://www.ko.spb.ru/interim-reports/> (дата обращения: 20.02.2021).

- сведения о продажах объектов вторичной жилой недвижимости в Санкт-Петербурге на конец 2017 г. (дата сравнения);
- кадастровые стоимости объектов жилого фонда¹¹.

Базы рыночных данных опубликованы в журналах [Бюллетень недвижимости, 2016; 2017]. На рис. 1 изображены «облака рассеяния» для вторичной жилой недвижимости в Санкт-Петербурге на конец 2016 г. и конец 2017 г.

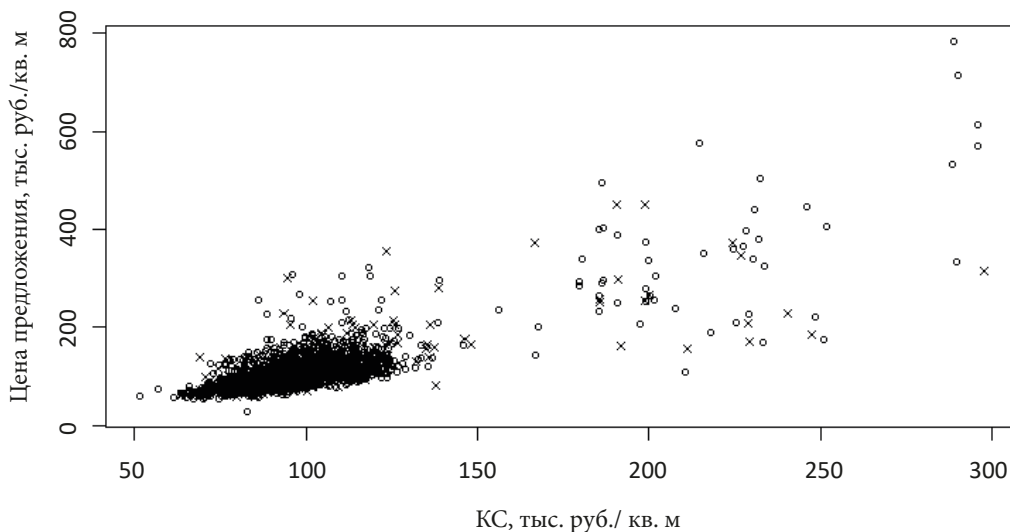


Рис. 1. Диаграмма рассеяния пар «кадастровая стоимость — цена предложения» для вторичной жилой недвижимости, Санкт-Петербург

Примечание. «o» — на конец 2016 г.; «x» — на конец 2017 г.

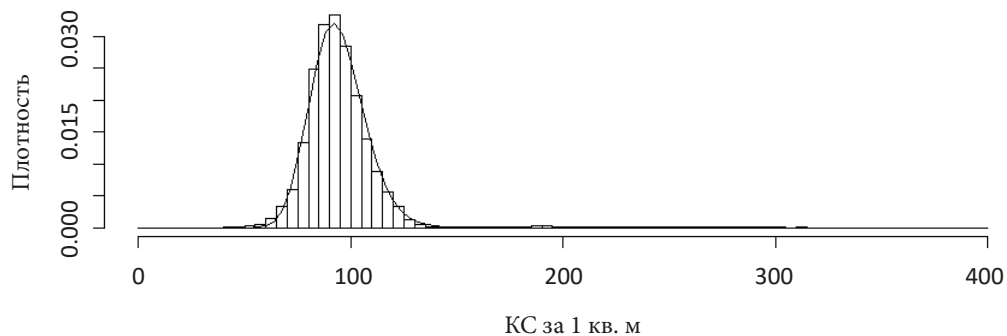
На рис. 1 можно заметить, что облако в 2017 г. несколько сдвинулось вниз, что говорит об общей тенденции к снижению цен за истекший год. На рис. 2 (а, б) представлены гистограммы распределения кадастровых стоимостей объектов недвижимости. На рис. 1 и рис. 2(б) хорошо видно эмпирическое распределение кадастровых стоимостей объектов премиум-сегмента.

Заметим, что изображенные на рис. 1 общие смеси (2016 г. и 2017 г.) наглядны, но не пригодны для вывода соответствующих расчетных формул. Поэтому мы разделили смеси 2016 г. и 2017 г. на 19 групп — 18 городских районов и премиум-сегмент (отдельный экстерриториальный кластер объектов недвижимости).

Рассмотрим на примере одного района (Приморского — с наибольшим объемом выборки), к каким практическим выводам приводит подобное исследование. На рис. 3 (а, б) показаны диаграммы рассеяния пар «цена предложения — кадастровая стоимость» в декабре 2016 г.

¹¹ Данные по кадастровой стоимости опубликованы в приказе Комитета имущественных отношений Санкт-Петербурга № 59-п от 27 августа 2015 г., приложение 1 «Об утверждении результатов определения кадастровой стоимости помещений площадью менее 3000 кв. м на территории Санкт-Петербурга». URL: <http://gov.spb.ru/gov/otrasl/kio/documents/inye-dokumenty/4434/> (дата обращения: 20.02.2021).

а



б

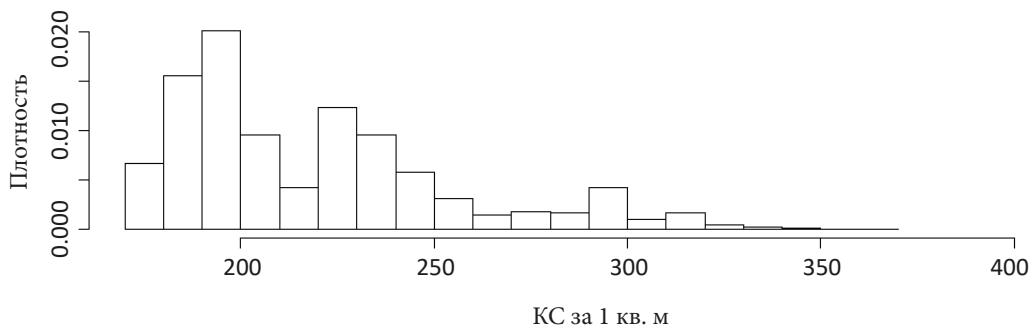
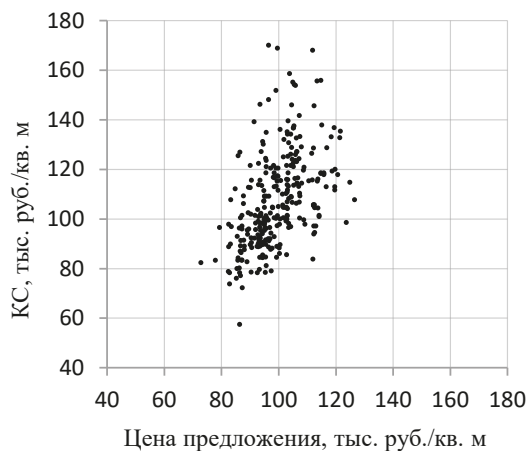


Рис. 2. Эмпирическое распределение кадастровых стоимостей объектов вторичной жилой недвижимости, Санкт-Петербург, по оценке на 1 января 2015 г.: а — масс-маркет, б — премиум-сегмент

а



б

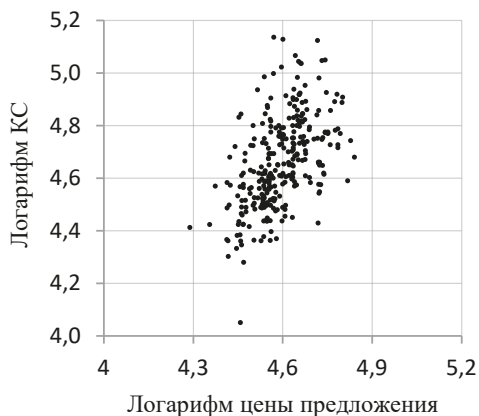


Рис. 3. Диаграмма рассеяния пар «цена предложения — кадастровая стоимость», Санкт Петербург, Приморский район, декабрь 2016 г.: а — «цена предложения — кадастровая стоимость»; б — «логарифм цены предложения — логарифм кадастровой стоимости»

Эллиптический характер облака рассеяния в логарифмической плоскости дает основания для проверки гипотезы о совместном логарифмически нормальном распределении этой пары. В [Русаков, Ласкин, Джаксумбаева, 2016b] был предложен простой способ проверки двумерного случайного вектора на совокупную нормальность. Он основан на известном критерии совокупной нормальности: случайный вектор совокупно нормален тогда и только тогда, когда любая его линейная комбинация имеет одномерное нормальное распределение. Тогда проверка совокупной нормальности сводится к проверке нормальности центрированных компонент двумерного случайного вектора при различных углах поворота фазовой плоскости вокруг начала координат (после центрирования).

Проверим на совместную логнормальность двумерный случайный вектор $(V_{\text{кв}/2016}, V_{\text{цп}/2016})$. Для параметров распределения логарифмов величин $V_{\text{кв}/2016}$ — кадастровая стоимость, $V_{\text{цп}/2016}$ — цена предложения в Приморском районе (базовый период — конец 2016 г.) были подобраны следующие значения:

$$\mu_{1/\text{база}} = 4,593, \quad \sigma_{1/\text{база}} = 0,096,$$

$$\mu_{2/\text{база}} = 4,664, \quad \sigma_{2/\text{база}} = 0,172,$$

$$\rho_{\text{база}} = 0,521.$$

Результат проверки гипотезы круговым КС-тестом¹² [Русаков, Ласкин, Джаксумбаева, 2016b] дает основания не отвергать гипотезу о нормальном распределении логарифмов компонент двумерного случайного вектора $(V_{\text{кв}/2016}, V_{\text{цп}/2016})$, так как при углах поворота $\varphi \cdot \left(\varphi \in \left[0, \frac{\pi}{2} \right] \right)$ в фазовой плоскости с шагом в $\frac{\pi}{180}$ было получено минимальное значение $p\text{-value} = 0,0617$.

Аналогично, на рис. 4 (а, б) показаны диаграммы рассеяния пар «цена предложения — кадастровая стоимость» в декабре 2017 г.

Для параметров логарифмов двумерного случайного вектора $(V_{\text{кв}/2017}, V_{\text{цп}/2017})$ были подобраны следующие значения (конец 2017 г. — период сравнения):

$$\mu_{1/\text{база}} = 4,580, \quad \sigma_{1/\text{база}} = 0,102,$$

$$\mu_{2/\text{база}} = 4,657, \quad \sigma_{2/\text{база}} = 0,176,$$

$$\rho_{\text{база}} = 0,654.$$

Результат проверки гипотезы о совместно нормальном распределении логарифмов компонент двумерного случайного вектора $(V_{\text{кв}/2017}, V_{\text{цп}/2017})$ круговым КС-тестом¹³ также дает основания не отвергать гипотезу о совместном логарифми-

¹² Под круговым КС-тестом мы понимаем последовательное применение теста Колмогорова — Смирнова к центрированным компонентам случайного двумерного вектора при различных углах поворота от 0 до 2π . Следует отметить, что диапазон изменения угла поворота может быть уменьшен до $\pi/2$.

¹³ Для проверки совместной нормальности мы используем простой прием, предложенный в [Русаков, Ласкин, Джаксумбаева, 2016b]. Следует отметить, что в статистический пакет R в январе

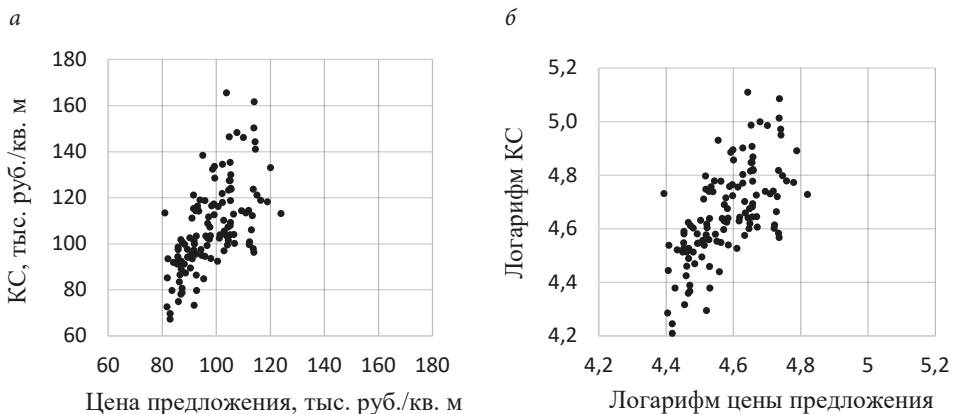


Рис. 4. Диаграмма рассеяния пар «цена предложения — кадастровая стоимость», Санкт-Петербург, Приморский район, декабрь 2017 г.: а — «цена предложения — кадастровая стоимость»; б — «логарифм цены предложения — логарифм кадастровой стоимости»

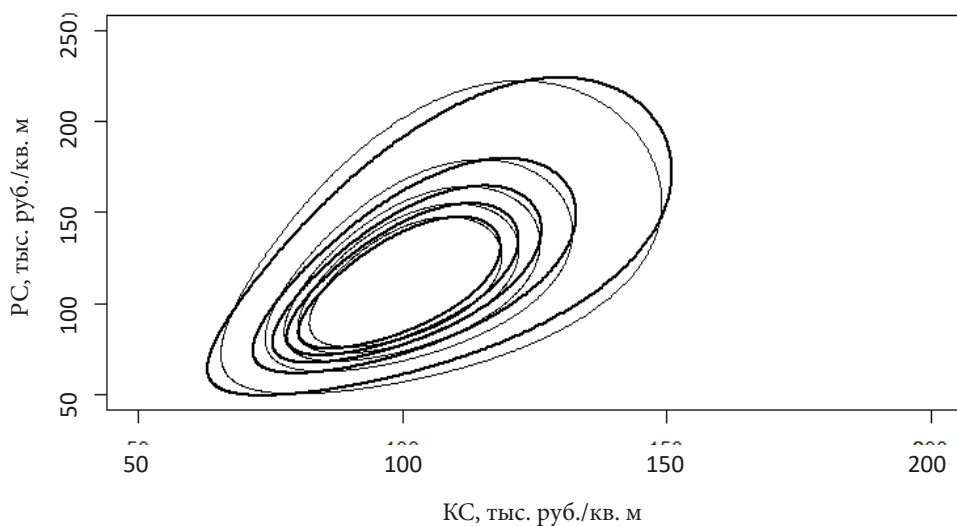


Рис. 5. Аппроксимация двумерного распределения «кадастровая стоимость — рыночная стоимость» совместно логарифмически нормальным распределением, Санкт-Петербург, Приморский район

Примечание. Декабрь 2016 г. (линии серого цвета) и декабрь 2017 г. (линии черного цвета).

чески нормальном распределении (в том же диапазоне изменений угла поворота фазовой плоскости получено минимальное значение $p\text{-value} = 0,169$).

Линии уровней аппроксимирующих поверхностей двумерного логарифмически нормального распределения для декабря 2016 г. и декабря 2017 г. показаны на рис. 5.

2019 г. внесена библиотечная функция проверки на совместную нормальность многомерных эмпирических распределений. Содержание метода подробно изложено в [Korkmaz, Goksuluk, Zararsiz, 2014].

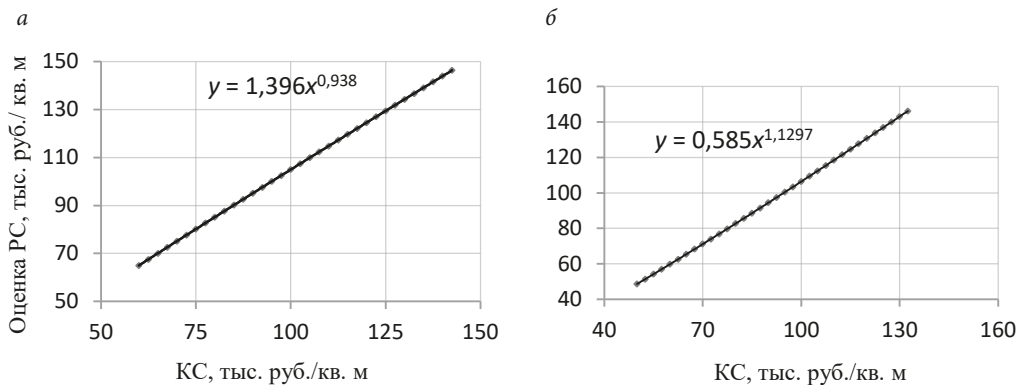


Рис. 6. Зависимость оценки рыночной стоимости от кадастровой стоимости, Санкт-Петербург, Приморский район: а — 2016 г., б — 2017 г.

Для рассматриваемых объектов недвижимости можно применить формулы (2) и (3). Тогда проекции точек условного максимума плотности распределения, полученного по формуле (2), на фазовую плоскость дают степенные линии зависимости оценки рыночной стоимости для каждого значения кадастровой стоимости (рис. 6).

В частности, для оценки РС по заданной КС получаем для декабря 2016 г. и декабря 2017 г. следующие соотношения:

$$MV_{2016} = 1,396v^{0,938}, \quad MV_{2017} = 0,585v^{1,129}$$

с точками равновесия $v_{2016} = 217,201$ тыс. руб./кв. м и $v_{2017} = 63,827$ тыс. руб./кв. м.

В декабре 2016 г. точка равновесия оказалась за пределами диапазона кадастровой стоимости масс-маркета в Приморском районе. В декабре 2016 г. РС могла быть рассчитана по указанной формуле и по ней же могла быть установлена новая КС, если бы ее надо было зафиксировать на декабрь 2016 г. Очевидно, что это привело бы к увеличению кадастровой стоимости (РС в этот момент времени была выше КС на всем диапазоне значений КС для рассматриваемого множества объектов). За год рынок изменился, и точка равновесия на декабрь 2017 г. оказалась внутри диапазона КС множества объектов Приморского района, относящихся к масс-маркету. Расчет РС (или перерасчет КС на этот момент времени) может быть произведен по аналогичной формуле для 2017 г., но для объектов с КС до 63,827 тыс. руб. за 1 кв. м РС уменьшилась, а выше данной суммы — увеличилась. В настоящем исследовании нас интересует, как изменится оценка РС стоимости для всех объектов изучаемого в примере множества за год. Ответ на этот вопрос дает применение формулы (3) к найденным значениям параметров двумерных совместно логарифмически нормальных распределений 2016 г. и 2017 г. Используя формулу (3)

$$MV_{\text{сравн.}} = 0,585 \left(\frac{MV_{\text{база}}}{1,396} \right)^{\frac{1,129}{0,938}} = 0,391 \cdot MV_{\text{база}}^{1,203} \quad (4)$$

и обозначив буквой K годовой коэффициент изменения рыночной стоимости, из формулы (4) для Приморского района (без премиум-сегмента) за 2017 г., получим:

$$K = \frac{MV_{\text{сравн.}}}{MV_{\text{база}}} = 0,391 \cdot MV_{\text{база}}^{0,203}$$

Для годового коэффициента изменения рыночной стоимости хорошо виден нелинейный, степенной характер зависимости. Точка равновесия $\nu = 102,090$ тыс. руб./кв. м. За 2017 г. рыночная стоимость объектов, у которых она была ниже 102,090 тыс. руб./кв. м, снизится, для более дорогих объектов — повысится по сравнению с аналогичными показателями 2016 г. Объекты, у которых РС была равна в 2016 г. 102,090 тыс. руб./кв. м, в 2017 г. РС не изменилась. Как видно на рис. 7 (а, б) годовое изменение рыночной стоимости внутри одного множества объектов неодинаково и меняется довольно значительно, от -17 до $+7\%$.

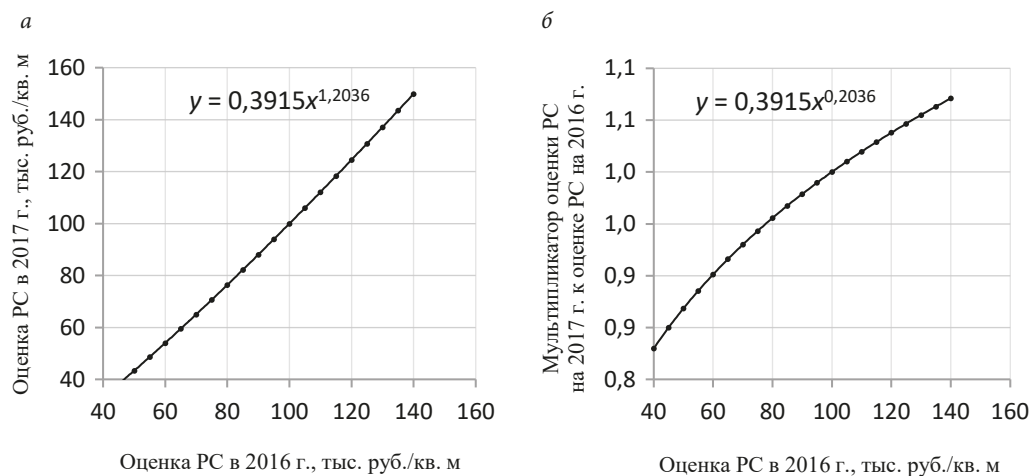


Рис. 7. Зависимость оценки и коэффициента изменения РС в 2017 г. от оценки РС, Санкт-Петербург, Приморский район, 2016 г.: а — зависимость оценки РС в 2017 г. от оценки РС в 2016 г.; б — коэффициент изменения оценки РС на 2017 г. к оценке РС на 2016 г.

Аналогичная картина была получена и для остальных 18 районов города. На рис. 8 изображены линии степенных функций (формула (2)), показывающие зависимость РС от КС для всех 18 районов Санкт-Петербурга. Как видно, характер зависимостей одинаков, но темпы изменения в различных районах города разные.

Рис. 8 недостаточно отчетливо демонстрирует, насколько отличаются темпы изменения РС в разных частях города. На рис. 9, 10, 11 показаны линии степенных функций (формула (3)), отображающие оценку коэффициента повышения рыночной стоимости в 2017 г. по сравнению с рыночной стоимостью в 2016 г.

Следует обратить внимание, что в каждом множестве объектов наблюдается разное поведение коэффициента повышения рыночной стоимости.

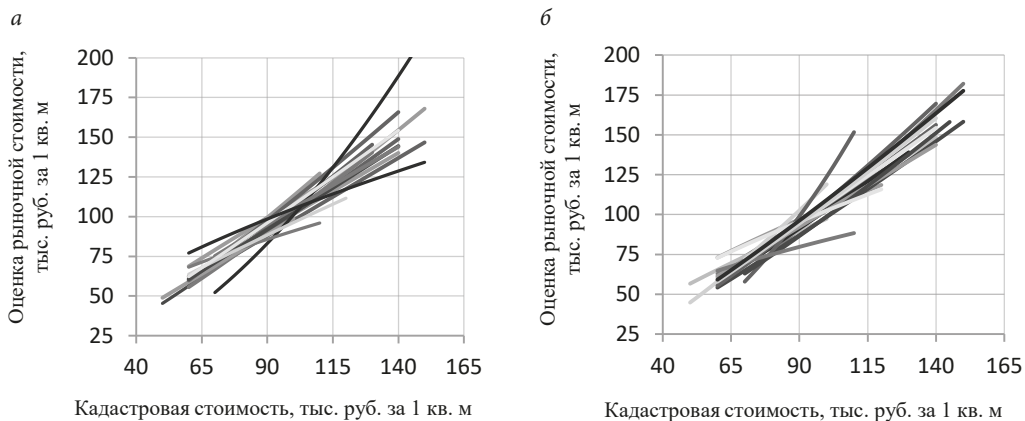


Рис. 8. Линии степенных функций, отображающих оценку РС в зависимости от КС, Санкт-Петербург, 18 районов: а — 2016 г., б — 2017 г.

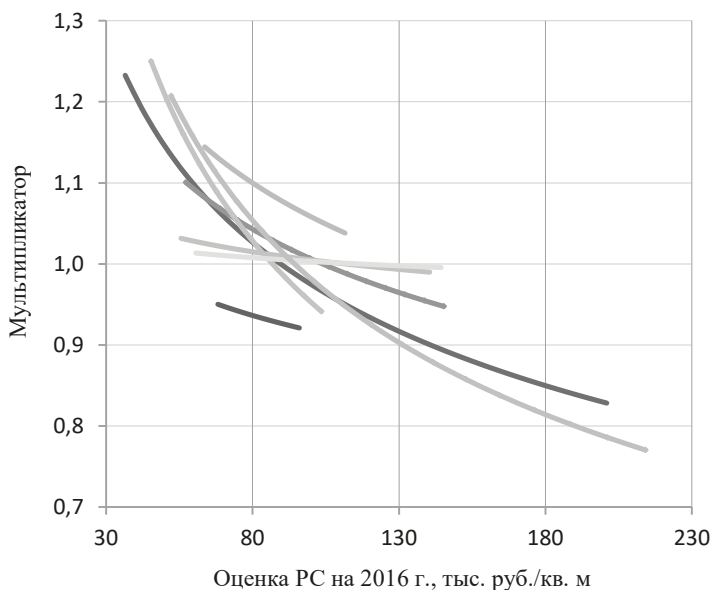


Рис. 9. Линии степенных функций, отображающих оценку коэффициента повышения РС в 2017 г. по сравнению с РС в 2016 г., Санкт-Петербург, 8 районов

На рис. 9 показаны линии изменения РС в 2017 г. (к 2016 г.) для восьми районов города, у которых значение мультипликатора снижается с ростом РС в 2016 г. Среди них: Адмиралтейский, Кировский, Колпинский, Красносельский, Невский, Петроградский, Пушкинский и Петродворцовый районы. Точки равновесия находятся на пересечении графиков с горизонтальной линией, с ординатой, равной единице. РС меньше, чем значение абсциссы точки равновесия за 2017 г., увеличились, при этом РС большие, чем точка равновесия, уменьшились. Таким образом, у дешевых объектов РС выросла, у дорогих РС — уменьшилась.

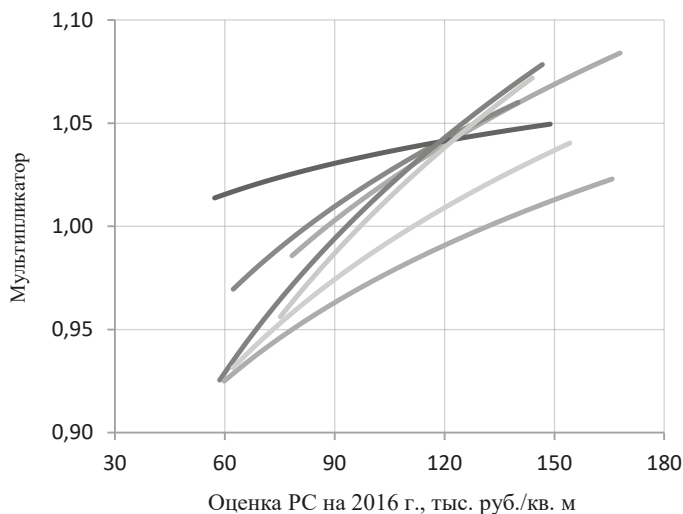


Рис. 10. Линии степенных функций, отображающих оценку коэффициента повышения РС в 2017 г. по сравнению с РС в 2016 г., Санкт-Петербург, 7 районов

На рис. 10 показаны линии повышения РС за 2017 г. (к 2016 г.) для семи районов города, у которых значение мультипликатора возрастает с ростом РС в 2016 г. Среди них: Василеостровский, Выборгский, Калининский, Красногвардейский, Московский, Приморский, Фрунзенский районы. РС меньше, чем значение абсциссы точки равновесия за 2017 г., уменьшились, при этом РС больше, чем точка равновесия, увеличились. Таким образом, у дешевых объектов РС уменьшилась, у дорогих РС — увеличилась.

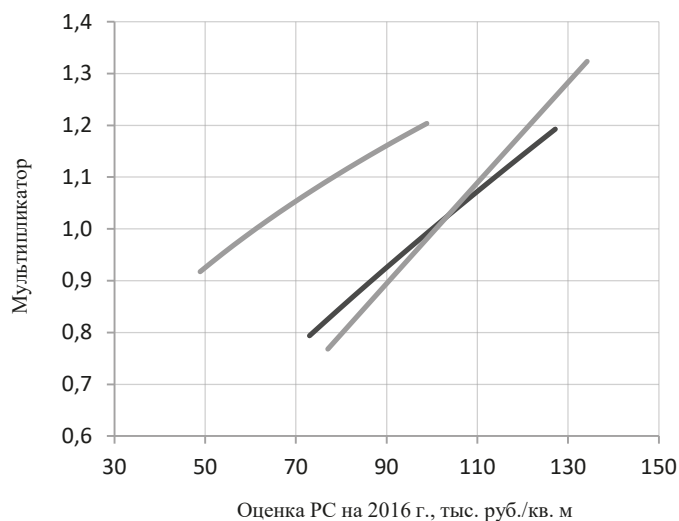


Рис. 11. Линии степенных функций, отображающих оценку коэффициента повышения РС в 2017 г. по сравнению с РС в 2016 г., Санкт-Петербург, 3 района

На рис. 11 показаны линии повышения РС за 2017 г. (к 2016 г.) для трех районов: Кронштадского, Курортного и Центрального. Здесь наблюдается аналогичная ситуация, когда у дешевых объектов РС уменьшилась, у дорогих — увеличилась, но данные районы отличаются наиболее динамичными изменениями — дешевое сильно дешевет, дорогое сильно дорожает.

Не проводилась экстраполяция полученных степенных функций за пределы диапазона наблюдений стоимостей объектов, поэтому на рис. 8 полученные функции имеют разные области определения и значения. Именно поэтому на рис. 9 для одного района (Петродворцового) точка равновесия вынесена за пределы диапазона наблюдений. В этом районе РС уменьшилась всюду, так как точка равновесия располагалась бы значительно левее.

В премиум-сегменте Санкт-Петербурга точка равновесия в 2017 г. находилась на уровне 246,39 тыс. руб. за кв. м. Характер линии, отображающей оценку коэффициента изменения РС в этом сегменте, является убывающим (рис. 12). Таким образом, объекты с РС ниже 246,39 тыс. руб./кв. м за 2017 г. подорожали, а выше — подешевели.

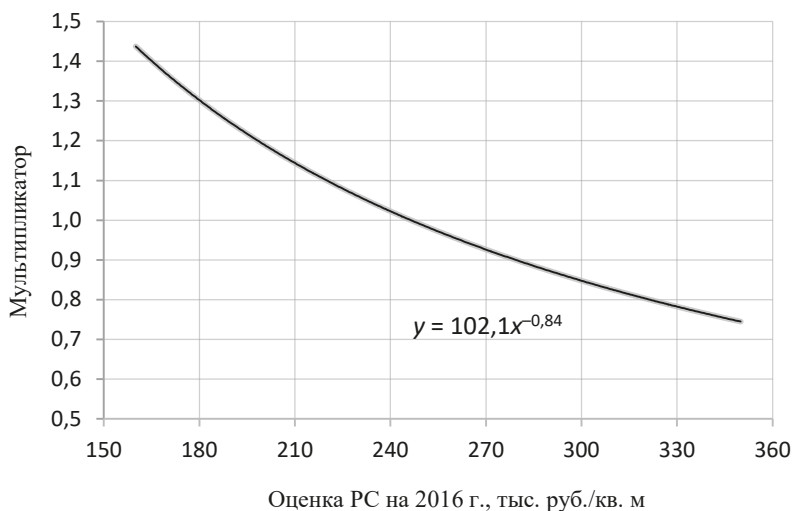


Рис. 12. Линия степенной функции, отображающая оценку коэффициента повышения РС в 2017 г. по сравнению с РС в 2016 г., Санкт-Петербург, премиум-сегмент

Результаты расчетов для всех районов города (масс-маркет, без премиум-сегмента) и отдельно премиум-сегмента сведены в таблицу, коэффициент изменения имеет вид

$$K = A \cdot MV_{\text{база}}^B \quad (5)$$

Таким образом, более детальное исследование рынка недвижимости показывает, что разные множества объектов характеризуются различными тенденциями развития. Хотя рынок недвижимости в целом имеет тенденцию роста, поведение рыночных стоимостей в разных сегментах неодинаково, в одних сегментах она может возрастать, а в других — снижаться.

Таблица. Точки равновесия и интервалы возрастания и убывания расчетной стоимости для районов Санкт-Петербурга (декабрь 2016 г. — декабрь 2017 г.)

Район	A	B	TP	Характер поведения функции изменения PC	PC < TP	PC > TP
Адмиралтейский	2,85	-0,23	95,147	Убывает	Возрастает	Убывает
Василеостровский	0,572	0,124	90,086	Возрастает	Убывает	Возрастает
Выборгский	0,615	0,110	82,560	Возрастает	Убывает	Возрастает
Калининский	0,875	0,036	41,376	Возрастает	Убывает	Возрастает
Колпинский	4,637	-0,340	91,130	Убывает	Возрастает	Убывает
Красносельский	1,233	-0,040	185,097	Убывает	Возрастает	Убывает
Красногвардейский	0,469	0,166	95,633	Возрастает	Убывает	Возрастает
Кронштадтский	0,204	0,385	62,138	Возрастает	Убывает	Возрастает
Кировский	2,107	-0,160	105,282	Убывает	Возрастает	Убывает
Курортный	0,034	0,733	100,795	Возрастает	Убывает	Возрастает
Петродворцовый	1,395	-0,090	40,361	Убывает	Возрастает	Убывает
Петроградский	4,246	-0,310	105,912	Убывает	Возрастает	Убывает
Приморский	0,391	0,203	102,081	Возрастает	Убывает	Возрастает
Пушкинский	2,354	-0,170	153,496	Убывает	Возрастает	Убывает
Московский	0,572	0,124	90,086	Возрастает	Убывает	Возрастает
Невский	1,102	-0,020	126,512	Убывает	Возрастает	Убывает
Фрунзенский	0,563	0,121	115,079	Возрастает	Убывает	Возрастает
Центральный	0,010	0,980	109,846	Возрастает	Убывает	Возрастает
Премиум-сегмент	102,10	-0,84	246,390	Убывает	Возрастает	Убывает

Примечание. A, B — коэффициенты уравнения (5); TP — значения точки равновесия; «убывает/возрастает» — характер поведения функции, показывающей изменение PC; PC < TP — поведение PC в области, в которой PC < TP; PC > TP — поведение PC в области, область в которой PC > TP.

Заключение

Предложенный в статье метод позволяет обрабатывать большие массивы рыночных и учетных данных недвижимости (земельных участков, зданий и сооружений, объектов жилого, коммерческого, производственного назначения) в режиме реального времени, получать необходимые для анализа рынка индексы, оценки рыночной стоимости и другие необходимые расчетные показатели.

Присвоение всем объектам кадастровой стоимости открывает новые возможности аналитики и управления в сфере недвижимости через изучение совместных распределений, зафиксированных в кадастровых базах рыночных стоимостей и цен, извлеченных из рыночных листингов или баз, содержащих данные о реальных сделках. При сравнении двух дат изучаются двумерные распределения, при наличии рыночных данных на несколько разных дат — многомерные распределения. В частности, появляется перспектива решения следующих задач:

- разбиение множества рассматриваемых объектов недвижимости на группы, сформированные с помощью установки фильтров по всем ценообразу-

- ющим факторам качественного характера, таким как: тип недвижимости, местоположение, наличие коммуникаций, потенциал развития, наличие обременений, тип дома, количество комнат (для квартир), этажность и другие, доступные для учета факторы;
- пересмотр кадастровой стоимости, опирающийся на изучение двумерных распределений кадастровых и рыночных стоимостей внутри групп, построение условных распределений и определение наиболее вероятной цены по условным распределениям при каждом фиксированном значении кадастровой стоимости (фактически по кадастровому номеру, так как по нему определяется соответствующая кадастровая стоимость);
 - расчет рыночной стоимости для любых объектов (прежде всего для тех, которые не содержались в рыночных листингах) путем сопоставления рыночных данных и данных кадастрового учета, построения двумерных и условных распределений и определения наиболее вероятных значений условных распределений;
 - расчет коэффициентов годового (квартального и др.) изменения рыночной стоимости для любых объектов;
 - построение динамических рядов, позволяющих отслеживать динамику рынка недвижимости.

Описанный в статье подход может быть применен к любым объектам недвижимости, для которых можно предположить совместное нормальное распределение цен (предложений, сделок), на разные моменты времени и кадастровых стоимостей. Эмпирические исследования показывают, что такими свойствами часто обладают как объекты жилой, промышленной, коммерческой недвижимости, так и земельные участки. Нет сомнений, что в современных мегаполисах общий объем объектов недвижимого имущества и объем рыночной информации позволяет применять подобную модель не только к жилой недвижимости, но и к другим видам недвижимого имущества, у которых ценообразование формируется последовательными сравнениями.

В современных условиях цифровой экономики на первый план выходит задача создания хорошо структурированных баз данных недвижимости, содержащих как рыночную информацию, так и данные кадастрового учета, кадастровых стоимостей, а также программного обеспечения, позволяющего в режиме реального времени решать задачи оценки рыночной стоимости, перерасчета кадастровой стоимости, расчета основных показателей рынка недвижимости.

Литература

- Бюллетень недвижимости Санкт-Петербурга. № 1758, 08.12.2016 г.
Бюллетень недвижимости Санкт-Петербурга. № 1809, 11.12.2017 г.
Ласкин М. Б., Гадасина Л. В. (2018) Как определить кадастровую стоимость. *Имущественные отношения в Российской Федерации*. № 3 (198). С. 42–53.
Максимов С. Н. (2018) Конфликт интересов при реновации городских территорий. *Недвижимость, экономика, управление*. № 4. С. 75–78.
Максимов С. Н., Бачуринская И. А. (2013) Инвестиционная привлекательность рынка недвижимости России в условиях глобализации. *Вестник ИНЖЭКОНа. Серия Экономика*. № 7 (66). С. 4–11.
Никулина Т. В., Пономарева О. А., Пупенцова С. В. (2015) Логарифмически нормальное распределение цен на объекты недвижимости элитного и эконом-класса. В сборнике: *Неделя науки*

СПбПУ, материалы научного форума с международным участием. Инженерно-экономический институт. Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого, Инженерно-экономический институт. С. 435–437.

- Озеров Е. С., Пупенцова С. В. (2015) *Управление стоимостью и инвестиционным потенциалом недвижимости*. СПб.: Изд-во Политехн. университета. 602 с.
- Русаков О. В., Ласкин М. Б., Джаксумбаева О. И. (2016а) Определение коэффициента капитализации по статистическим данным. *Экономика, Статистика и Информатика. Вестник УМО МЭСИ*. № 1. С. 14–22.
- Русаков О. В., Ласкин М. Б., Джаксумбаева О. И. (2016б) Оценка показателей рынка недвижимости по статистическим данным на основе многомерного логарифмически нормального закона. *Экономический журнал Высшей школы экономики*. № 2. С. 268–284.
- Сейс С., Смит С., Купер Р., Венмор-Роуланд П. (2009) *Оценка недвижимого имущества: от стоимости к ценности*. М.: Общероссийская общественная организация «Российское общество оценщиков». 504 с.
- Aitchinson J., Brown J. A. C. (1963) *The Lognormal distribution with special references to its uses in economics*. Cambridge, Cambridge University Press. 176 p.
- Anselin L., Lozano-Gracia N. (2008) Errors in variables and spatial effects in hedonic house price models of ambient air quality. *Empirical Economics*, vol. 34, iss. 1, pp. 5–34.
- Antipov E. A., Pokryshevskaya E. P. (2012) Mass appraisal of residential apartments: An application of Random forest for valuation and a CART-based approach for model diagnostics. *Expert Systems with Applications*, vol. 39, pp. 1772–1778.
- Benson E. D., Hansen J. L., Schwartz Jr. A. L., Smersh G. T. (1998) Pricing Residential Amenities: The Value of a View. *The Journal of Real Estate Finance and Economics*, vol. 16, iss. 1, pp. 55–73.
- Brunnermeier M. K. (2009) Bubbles. In *The New Palgrave Dictionary of Economics*. 2nd ed. Eds L. E. Blume and, S. N. Durlauf. New York, Palgrave Macmillan.
- Case B., Quigley J. M. (1991) The dynamics of real estate prices. *The Review of Economics and Statistics*, vol. 73, iss. 1, pp. 50–58.
- Case K., Shiller R. (1987) Prices of single-family homes since 1970: new indexes for four cities. *New England Economic Review*, iss. September, pp. 45–56.
- Ciurlia P., Gheno A. A. (2009) A model for pricing real estate derivatives with stochastic interest rates. *Mathematical and Computer Modelling*, vol. 50, iss. 1–2, pp. 233–247.
- Debrezion G., Pels E., Rietveld P. (2011) The impact of rail transport on real estate prices: an empirical analysis of the Dutch housing market. *Urban Stud*, vol. 48 (5), pp. 997–1015.
- Englund P., Quigley J., Redfearn C. (1998) Improved price indexes for real estate: Measuring the course of Swedish housing prices. *Journal of Urban Economics*, vol. 44, iss. 2, pp. 171–196.
- Epley D. (2016) Assumptions and restrictions on the use of repeat sales to estimate residential price appreciation. *Journal of Real Estate Literature*, vol. 24, iss. 2, pp. 275–286.
- Fabozzi F. J., Xiao K. (2019) The Timeline Estimation of Bubbles: The Case of Real Estate. *Real Estate Economics*, vol. 47, iss. 2, pp. 564–594.
- Fernandez-Kranz D., Hon M. (2006) A cross-section analysis of the income elasticity of housing demand in Spain: Is there a real estate bubble? *Journal of Real Estate Finance and Economics*, vol. 32, no. 4, pp. 449–470.
- Jim C. Y., Chen W. Y. (2006) Impacts of urban environmental elements on residential housing prices in Guangzhou (China). *Landscape and Urban Planning*, vol. 78, iss. 4, pp. 422–434.
- Jones C. (2010) House price measurement: The hybrid hedonic repeat-sales method. *The Economic Record*, vol. 86, iss. 272, pp. 95–97.
- Kontrimas V., Verikas A. (2011) The mass appraisal of the real estate by computational intelligence. *Applied Soft Computing*, vol. 11, pp. 443–448.
- Korkmaz S., Goksuluk D., Zararsiz G. (2014) MVN: An R Package for Assessing Multivariate Normality. *The R Journal*, vol. 6/2, pp. 151–162.
- Malpezzi S. (2002) Hedonic pricing models: A selective and applied review. *Housing economics and public policy: Essays in honor of Duncan MacLennan*. Oxford, UK, Blackwell Science, pp. 67–89.
- Ohnishi T., Mizuno T., Shimizu C., Watanabe T. (2011) On the Evolution of the House Price Distribution. *Columbia Business School. Center of Japanese Economy and Business, Working Paper Series*, no. 296, pp. 1–20.
- Park B., Bae J. K. (2015) Using machine learning algorithms for housing price prediction: The case of Fairfax County. *Expert Systems with Applications*, vol. 42, pp. 2928–2934.

- Peterson S., Flanagan A. B. (2009) Neural Network Hedonic Pricing Models in Mass Real Estate Appraisal. *Journal of Real Estate Research*, vol. 31, iss. 2, pp. 147–164.
- Phillips P. C. B., Shi S.-P., Yu J. (2015a) Testing for Multiple Bubbles: Historical Episodes of Exuberance. *International Economic Review*, vol. 56, iss. 4, pp. 1043–1078.
- Phillips P. C. B., Shi S.-P., Yu J. (2015b) Testing for Multiple Bubbles: Limit Theory of Real Time Detectors. *International Economic Review*, vol. 56, iss. 4, pp. 1079–1134.
- Wena H., Zhanga Y., Zhang L. (2015) Assessing amenity effects of urban landscapes on housing price in Hangzhou, China. *Urban Forestry & Urban Greening*, vol. 14, pp. 1017–1026.
- Wang F., Zheng X. (2018) The comparison of the hedonic, repeat sales, and hybrid models: Evidence from the Chinese paintings. *Cogent Economics & Finance*, vol. 6, iss. 2, pp. 1–19.

Статья поступила в редакцию: 07.04.2019
Статья рекомендована в печать: 28.12.2020

Контактная информация:

Ласкин Михаил Борисович — канд. физ.-мат. наук, доц.; laskinmb@yahoo.com
Гадасина Людмила Викторовна — канд. физ.-мат. наук, доц.; l.gadasina@spbu.ru
Зайцева Екатерина Алексеевна — аналитик; katezaitseva1@gmail.com

The cadastral value as a tool for monitoring the real estate market value*

M. B. Laskin¹, L. V. Gadasina², E. A. Zaytseva³

¹ St. Petersburg Federal Research Center of the Russian Academy of Science,
39, 14 liniia V. O., St. Petersburg, 199178, Russian Federation

² St. Petersburg State University,
7–9, Universitetskaya nab., St. Petersburg, 199034, Russian Federation

³ LLC “Wrike Ru”,
44, Sverdlovskaya nab., St. Petersburg, 195027, Russian Federation

For citation: Laskin M. B., Gadasina L. V., Zaytseva E. A. (2021) The cadastral value as a tool for monitoring the real estate market value. *St Petersburg University Journal of Economic Studies*, vol. 37, iss. 1, pp. 84–108. <https://doi.org/10.21638/spbu05.2021.104>

In the theory and practice of real estate valuation, in analytical studies of the dynamics of real estate markets there is a problem of tracking changes in market prices. The apparent simplicity of this task leads to the fact that in everyday practice both market participants and professional analysts are satisfied with observations of average prices. The advantage of this traditional approach is computational simplicity. However, in the conditions of presence of a large number of special software and extensive statistical material can be used more complex research methods. The purpose of this article is to research big current market data of real estate objects and compare these data with the cadastral value determined in accordance with Russian legislation as the market value at the specified date. In this regard, there are problems associated with the multidimensional distribution of market prices and cadastral values. The article presents the method of calculation of changes of the real estate market prices on the basis of comparison of two-dimensional prices distributions of offers and cadastral prices for two periods. The main problem in studying the dynamics of real estate market prices is the inability to track the change in market prices for each property, as objects are constantly put up for sale and removed from it. The work carried out in the Russian Federation in 2014 to establish the cadastral value of real estate opens opportunity to analyze two-dimensional distributions of current market and cadastral prices and to assess the dynamic characteristics of the market for any real estate objects. The main result of article is the method which allows

*The research was funded by the Russian Foundation for Basic Research (project no. 20–01–00646 (A)).

to apprise the market value of real estate in real time when new market data come by their comparison with the previously established cadastral value. Cadastral value is assumed to be defined as market value at the valuation date.

Keywords: real estate market value, cadastral value, two-dimensional logarithmically normal distribution, multidimensional statistical analysis in real estate appraisal.

References

- Aitchinson J., Brown J. A. C. (1963) *The Lognormal distribution with special references to its uses in economics*. Cambridge, Cambridge University Press. 176 p.
- Anselin L., Lozano-Gracia N. (2008) Errors in variables and spatial effects in hedonic house price models of ambient air quality. *Empirical Economics*, vol. 34, iss. 1, pp. 5–34.
- Antipov E. A., Pokryshevskaya E. P. (2012) Mass appraisal of residential apartments: An application of Random forest for valuation and a CART-based approach for model diagnostics. *Expert Systems with Applications*, vol. 39, pp. 1772–1778.
- Benson E. D., Hansen J. L., Schwartz Jr. A. L., Smersh G. T. (1998) Pricing Residential Amenities: The Value of a View. *The Journal of Real Estate Finance and Economics*, vol. 16, iss. 1, pp. 55–73.
- Brunnermeier M. K. (2009) Bubbles. In *The New Palgrave Dictionary of Economics*. 2nd ed. Eds L. E. Blume and, S. N. Durlauf. New York, Palgrave Macmillan.
- Bulletin of St. Petersburg real estate*, no. 1758, 08.12.2016. (In Russian)
- Bulletin of St. Petersburg real estate*, no. 1809, 11.12.2017. (In Russian)
- Case B., Quigley J. M. (1991) The dynamics of real estate prices. *The Review of Economics and Statistics*, vol. 73, iss. 1, pp. 50–58.
- Case K., Shiller R. (1987) Prices of single-family homes since 1970: new indexes for four cities. *New England Economic Review*, iss. September, pp. 45–56.
- Ciurlia P., Gheno A. A. (2009) A model for pricing real estate derivatives with stochastic interest rates. *Mathematical and Computer Modelling*, vol. 50, iss. 1–2, pp. 233–247.
- Debrezion G., Pels E., Rietveld P. (2011) The impact of rail transport on real estate prices: an empirical analysis of the Dutch housing market. *Urban Stud*, vol. 48, iss. 5, pp. 997–1015.
- Englund P., Quigley J., Redfearn C. (1998) Improved price indexes for real estate: Measuring the course of Swedish housing prices. *Journal of Urban Economics*, vol. 44, iss. 2, pp. 171–196.
- Epley D. (2016) Assumptions and restrictions on the use of repeat sales to estimate residential price appreciation. *Journal of Real Estate Literature*, vol. 24, iss. 2, pp. 275–286.
- Fabozzi F. J., Xiao K. (2019) The Timeline Estimation of Bubbles: The Case of Real Estate. *Real Estate Economics*, vol. 47, iss. 2, pp. 564–594.
- Fernandez-Kranz D., Hon M. (2006) A cross-section analysis of the income elasticity of housing demand in Spain: Is there a real estate bubble? *Journal of Real Estate Finance and Economics*, vol. 32, no. 4, pp. 449–470.
- Jim C. Y., Chen W. Y. (2006) Impacts of urban environmental elements on residential housing prices in Guangzhou (China). *Landscape and Urban Planning*, vol. 78, iss. 4, pp. 422–434.
- Jones C. (2010) House price measurement: The hybrid hedonic repeat-sales method. *The Economic Record*, vol. 86, iss. 272, pp. 95–97.
- Kontrimas V., Verikas A. (2011) The mass appraisal of the real estate by computational intelligence. *Applied Soft Computing*, vol. 11, pp. 443–448.
- Korkmaz S., Goksuluk D., Zararsiz G. (2014) MVN: An R Package for Assessing Multivariate Normality. *The R Journal*, vol. 6/2, pp. 151–162.
- Laskin M., Gadasina L. (2018) How to estimate the cadastral value. *Property Relations in the Russian Federation*, vol. 3 (198), pp. 42–53. (In Russian)
- Malpezzi S. (2002) Hedonic pricing models: A selective and applied review. *Housing economics and public policy: Essays in honor of Duncan MacLennan*. Oxford, UK, Blackwell Science, pp. 67–89.
- Maksimov S. N. (2018) Renovation of urban areas: how to resolve the conflict of common and private interests? *Real estate: economics, management*, no. 4, pp. 75–78. (In Russian)
- Maksimov S. N., Bachurinskaya I. A. (2013) Investment attractiveness of the Russian real estate market in the context of globalization. *Bulletin of St. Petersburg State University of Economics. Series: Ekonomika*, vol. 7 (66), pp. 4–11. (In Russian)

- Nikulina T. V., Ponomareva O. A., Pupentsova S. V. (2015) Lognormal distribution of prices for real estate luxury and economy class. In: *SPbPU science week proceedings of the scientific forum with international participation. Engineering and economic Institute*. Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University, Institute of Engineering and Economics, pp.435–437. (In Russian)
- Ohnishi T., Mizuno T., Shimizu C., Watanabe T. (2011) On the Evolution of the House Price Distribution. *Columbia Business School. Center of Japanese Economy and Business, Working Paper Series*, no. 296, pp.1–20.
- Ozerov E. S., Pupentsova S. V. (2015) *Value Management and investment potential of real estate*. St. Petersburg, Polytechnic University Press. 602 p. (In Russian)
- Park B., Bae J.K. (2015) Using machine learning algorithms for housing price prediction: The case of Fairfax County. *Expert Systems with Applications*, vol. 42, pp.2928–2934.
- Peterson S., Flanagan A. B. (2009) Neural Network Hedonic Pricing Models in Mass Real Estate Appraisal. *Journal of Real Estate Research*, vol. 31, iss. 2, pp.147–164.
- Phillips P.C.B., Shi S.-P., Yu J. (2015a) Testing for Multiple Bubbles: Historical Episodes of Exuberance. *International Economic Review*, vol. 56, iss. 4, pp. 1043–1078.
- Phillips P.C.B., Shi S.-P., Yu J. (2015b) Testing for Multiple Bubbles: Limit Theory of Real Time Detectors. *International Economic Review*, vol. 56, iss. 4, pp. 1079–1134.
- Rusakov O., Laskin M., Jaksumbaeva O. (2016a) Determination of coefficient of capitalization from statistical data. *UMO Bulletin*, no. 1, pp.14–22. (In Russian)
- Rusakov O., Laskin M., Jaksumbaeva O. (2016b) Estimation of the real estate market indexes according to statistical data and based on multidimensional log-normal distribution. *The HSE Economic Journal*, no. 2, pp.268–284. (In Russian)
- Sayce S., Smith J., Cooper R., Venmore-Rowland P. (2009) *Real Estate Appraisal: From Value to Worth*. Moscow, All-Russian public organization “Russian Society of Appraisers” Publ. 504 p. (In Russian)
- Wena H., Zhanga Y., Zhang L. (2015) Assessing amenity effects of urban landscapes on housing price in Hangzhou, China. *Urban Forestry & Urban Greening*, vol. 14, pp. 1017–1026.
- Wang F., Zheng X. (2018) The comparison of the hedonic, repeat sales, and hybrid models: Evidence from the Chinese paintings. *Cogent Economics & Finance*, vol. 6, iss. 2, pp. 1–19.

Received: 07.04.2019

Accepted: 28.12.2020

Authors' information:

Mikhail B. Laskin — PhD in Applied Mathematics, Associate Professor; laskinmb@yahoo.com

Lyudmila V. Gadasina — PhD in Probability Theory and Mathematical Statistics, Associate Professor; l.gadasina@spbu.ru

Ekaterina A. Zaytseva — Analyst; katezaitseva1@gmail.com