

Проблемы моделирования оценки стоимости жилой недвижимости

Т.К. Богданова^a 

E-mail: tanbog@hse.ru

А.Р. Камалова^a

E-mail: akamalova@hse.ru

Т.К. Кравченко^a 

E-mail: tkravchenko@hse.ru

А.И. Полторак^b

E-mail: poltoraknastya@gmail.com

^a Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики»
Адрес: 101000, г. Москва, ул. Мясницкая, д. 20

^b ООО «Селдон 2»
Адрес: 105005, г. Москва, ул. Радио, д. 24, кор. 1

Аннотация

Решение жилищного вопроса на протяжении многих десятилетий было и остается одной из важнейших задач государственного масштаба. Проблема моделирования стоимости жилой недвижимости становится все более актуальной, поскольку качественный прогноз позволяет снизить риски как для органов государственного управления, так и для риелторов, специализирующихся на купле и продаже жилья, а также для обычных граждан, которые покупают или продают квартиры. Построение прогностических моделей позволяет получить адекватную оценку как текущего, так и будущего состояния рынка жилой недвижимости, определить тенденции изменения стоимости жилья и факторы, влияющие на эти изменения. При этом речь идет как о качественных характеристиках конкретного объекта недвижимости, так и об общем состоянии и динамике рынка недвижимости. Для России характерны существенные отличия в уровне развития регионов, следовательно, и различия в тенденциях изменения цен спроса и предложения на недвижимость. Оценка стоимости жилой недвижимости на региональном уровне имеет особое значение, поскольку все вышеперечисленное обуславливает социальную и экономическую важность данной проблемы. В данной статье представлена комплексная модель оценки стоимости жилой недвижимости на вторичном рынке жилья Москвы с использованием методов дерева решений и порядковой логистической регрессии. Методом дерева решений CRT построена прогностическая модель уровня комфортности жилья. Результаты этого прогноза используются в качестве входной информации для порядковой логистической регрессионной модели оценки стоимости жилой недвижимости на вторичном рынке Москвы. Апробация модели на реальных данных показала высокую прогностическую способность построенной модели.

Ключевые слова: модель; оценка стоимости; жилая недвижимость; вторичный рынок жилья; порядковая логистическая регрессия; дерево решений; метод CRT; прогноз стоимости.

Цитирование: Богданова Т.К., Камалова А.Р., Кравченко Т.К., Полторак А.И. Проблемы моделирования оценки стоимости жилой недвижимости // Бизнес-информатика. 2020. Т. 14. № 3. С. 7–23.
DOI: 10.17323/2587-814X.2020.3.7.23

Введение

Рынок жилой недвижимости играет важную роль в развитии социальной и экономической сферы государства. Неблагоприятная ситуация на рынке недвижимости может привести к кризисным событиям, таким как ипотечный кризис 2008 года, когда случился «обвал» рынка недвижимости из-за резкого увеличения просрочек/невыплат по ипотечным кредитам и массовые отчуждения недвижимости в пользу кредиторов.

Согласно п. 1 ст. 16 Жилищного кодекса РФ, к жилым помещениям относятся: жилой дом, часть жилого дома, квартира, часть квартиры, комната [1]. При этом рынок жилой недвижимости условно можно разделить на рынок первичного и вторичного жилья. Первичный рынок представляет собой недвижимость, которая появляется на рынке как товар впервые, и которая не находилась ранее в чьей-то собственности. Вторичный рынок — это недвижимость, которая уже находилась в эксплуатации и была в частной или муниципальной собственности. Важно отметить, что первичный и вторичный рынки неразрывно связаны между собой, так как увеличение предложения на вторичном рынке неминуемо вызывает спад спроса, а, следовательно, и цен на первичном рынке. Если повысятся затраты на строительство, то повысятся и цены на жилую недвижимость на первичном рынке, который определяет объем созданной недвижимости. В свою очередь, это неизбежно повлечет рост цен на вторичном рынке жилья. Рынок жилой недвижимости является низкоэластичным в цене.

На первичном рынке жилой недвижимости имущество продается непосредственно самим застройщиком, либо с привлечением агентов. При этом возможна покупка на разной стадии строительства, в том числе, по договору долевого участия. На вторичном рынке покупатель всегда приобретает уже готовую квартиру. Рыночная стоимость объекта недвижимости зависит от различных факторов, как внешних (изменение процедуры получения разрешения на строительство, ключевой ставки, условий

по ипотечному кредитованию, ограничение роста цен, налоговые стимулы, лицензирование деятельности застройщиков и агентов, экономическая ситуация в стране/регионе, спрос на жилье и т.п.), так и внутренних (площадь жилья, количество комнат, материал стен, этаж, наличие ремонта, балкона, парковки, удаленность от транспорта, метро, расстояние до центра города и т.п.).

Эксперты (оценщики) для оценки стоимости недвижимости на практике в основном применяют традиционные методы: сравнительный метод, затратный метод и доходный метод. Как правило, оценки, полученные этими методами, могут различаться. Кроме того, в большинстве случаев учитывается ограниченный набор факторов, а итоговая цена объекта в конечном счете определяется экспертом, который руководствуется собственным опытом, складывающейся ситуацией на рынке недвижимости, имеющейся информацией о влиянии макроэкономических и демографических факторов. Однако определение объективной стоимости недвижимости необходимо в самых разных случаях: для целей купли-продажи, для целей налогообложения, для ипотечного кредитования при передаче имущества в залог и установления банками размера кредита, при рассмотрении имущественных споров, для определения страховыми компаниями цены страховки, а также при принятии инвестиционных решений.

В этой связи все более актуальной становится проблема точности и объективности оценки стоимости жилой недвижимости, в том числе, вопросы моделирования цены объектов недвижимости, исследование факторов, влияющих на стоимость, и применение аналитических методов оценки.

В России начиная с 1990-х годов опубликована серия научных работ, посвященных развитию экономико-математических методов оценки недвижимости [2–4]. Основополагающей для многих исследований является классификация, предложенная в работе [5]. В этой работе рассмотрено ценообразование на рынке жилья в России и выделены ценообразующие факторы, которые разделены по уров-

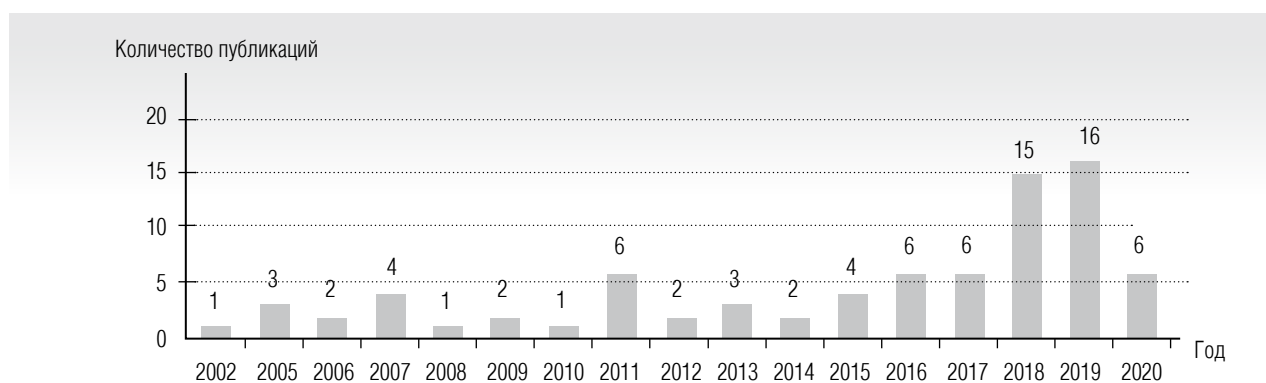


Рис. 1. Общее количество публикаций по проблеме оценки стоимости жилой недвижимости в базе данных Scopus

ням относительно спроса и предложения. В работах [6–10] для оценки стоимости недвижимости применены методы нейросетевого моделирования.

Актуальность оценки стоимости объектов недвижимости также отмечается в работах ряда зарубежных авторов [11–14].

Анализ публикаций зарубежных авторов в базе данных Scopus за период с 2000 по 2020 годы (рис. 1) также подтверждает актуальность данной проблематики как для российского, так и для зарубежного рынка жилой недвижимости.

Как видно из рисунка 1, интерес к данной проблематике за последние годы существенно вырос. Если в 2002 году была опубликована всего одна работа, то оценке стоимости недвижимости в 2018 и 2019 годах посвящены уже 15 и 16 работ соответственно¹.

Значительная часть работ посвящена анализу и сравнению различных методов оценки стоимости жилой недвижимости, как с теоретической, так и с практической точек зрения. Некоторые авторы сосредоточили свое внимание на проблеме оценки влияния стоимости жилой недвижимости на ипотечный кризис 2008 года в условиях ипотечного кредитования [15]. Применимость концепции «устойчивой недвижимости» в Польше и вопросы оценки такой недвижимости рассмотрены в работе [16]. Авторы исследования [17] методом опроса изучали поведение оценщиков и покупателей на рынке жилой недвижимости. В исследованиях [17–19] для оценки стоимости жилой недвижимости была разработана экспертная система, использующая методы поддержки принятия решений.

Многие авторы предлагали для оценки стоимости жилой недвижимости свои собственные модели на основе аналитических методов и проводили их апробацию на реальных данных. При этом модели имели различия как с точки зрения используемых методов, так и переменных.

В работе [20] была предложена множественная регрессионная модель, использующая в качестве независимых переменных размер налога, этаж, количество ванных комнат, общую площадь, жилую площадь, количество гаражей, количество комнат, количество спальных комнат, возраст дома. В работе [21] оценивалось влияние таких факторов, как расстояние до центра города, наличие парковки, экология, этаж, на котором расположена квартира, общая площадь, наличие шума, стоимость обслуживания, наличие центрального отопления, близость к детским садам и школам, материал стен, возраст дома, близость к культурным и историческим объектам, наличие балкона или лоджии.

Модель оценки стоимости апартаментов и жилых домов, как комбинация искусственной нейронной сетевой модели и географической информационной системы, была представлена в работе [22], на основе данных о стоимости жилой недвижимости в Альбасете за 2002 г. В качестве объясняющих переменных использовались тип жилья, местоположение, возраст дома, количество спальных комнат, наличие лифта, балкона, парковки, системы отопления, состояние объекта, расстояние до центра города. В данной работе одной из наиболее важных переменных стало расстояние до центрального делового района.

¹ Scopus: <http://scopus.com>

Значительная часть публикаций, рассматривающих теоретические аспекты моделирования оценки стоимости жилой недвижимости, посвящена обобщению используемых моделей, анализу используемых методов, целям оценки и другим характеристикам пространственной структуры, которые определяют категорию предлагаемых моделей. Так, в работе [23] анализируются модели оценки стоимости недвижимости в зависимости от целей оценки (купля-продажа имущества, слияние и поглощение, налогообложение, ипотечное кредитование). В работе [24] модели оценки недвижимого имущества рассматриваются в разрезе используемых методов, которые можно разделить на две группы: традиционные и продвинутые (аналитические).

К традиционным методам оценки стоимости жилой недвижимости [24–26], относятся доходный метод, сравнительный метод, метод инвестиций, затратный метод. К аналитическим методам относятся модели гедонистического ценообразования (*hedonic price method*, HPM), искусственные нейронные сети (*artificial neural networks*, ANN), экспертные системы (*expert systems*, ES), нечеткие логические системы (*fuzzy logic systems*, FLS), методы пространственного анализа, авторегрессионное интегрированное скользящее среднее (ARIMA). При этом методы ANN, ES и FLS авторами рассматриваются как методы оценки, основанные на технологии искусственного интеллекта (*artificial intelligence*).

В исследовании [27] авторы предложили классификацию аналитических моделей оценки стоимости недвижимого имущества и разделили их на следующие: модели на основе методов искусственного интеллекта, модели на основе геоинформационной системы и смешанные модели.

Цели данной работы состоят в следующем²:

- ♦ предложить пространственную структуру моделей оценки стоимости жилой недвижимости, позволяющую классифицировать модели с разных точек зрения, а именно: оцениваемой стоимости, методов моделирования, количества объектов оценивания, целей моделирования, объекта моделирования, типа объекта, рынка недвижимости, субъекта оценки и уровня моделирования;

- ♦ представить классификацию факторов, влияющих на стоимость одного квадратного метра жилой недвижимости;

- ♦ разработать комплексную модель оценки стоимости жилой недвижимости на вторичном рынке жилья г. Москвы с использованием метода дерева решений (для прогнозирования уровня комфортности жилья) и порядковой логистической регрессии (для прогнозирования оценки стоимости жилой недвижимости), использующей в качестве входной информации результаты модели прогнозирования уровня комфортности жилья;

- ♦ провести апробацию разработанной комплексной модели на реальных данных и оценить ее прогностическую способность.

1. Пространственная структура моделей оценки стоимости жилой недвижимости

Предлагаемая обычно классификация моделей предполагает их деление в зависимости от используемых методов оценки. Обобщая вышеизложенное, на *рисунке 2* предложена пространственная структура моделей оценки стоимости жилой недвижимости в зависимости от различных характеристик, к числу которых относятся:

- ♦ оцениваемая стоимость (модели оценки рыночной, остаточной, кадастровой, инвестиционной, ликвидационной, балансовой стоимости);

- ♦ методы моделирования (модели на основе традиционных и аналитических методов);

- ♦ количество объектов (модели индивидуальной и массовой оценки стоимости жилой недвижимости);

- ♦ цели моделирования (модели для прогнозирования цен, исследования ценообразующих факторов, управления стоимостью жилой недвижимости, оценки влияния внешних факторов, налогообложения);

- ♦ объект моделирования (модели оценки одного квадратного метра жилой недвижимости, объекта жилой недвижимости в целом);

- ♦ тип объекта (модели оценки жилых домов, квартир, комнат);

- ♦ тип рынка (модели оценки жилой недвижимости на первичном и вторичном рынках);

- ♦ субъект оценки (модели оценки жилой недвижимости для продавца, покупателя, инвестора);

- ♦ уровень моделирования (модели оценки жилой недвижимости на региональном уровне, федеральном уровне, на уровне района, округа, объекта жилой недвижимости).

² Предварительные результаты исследования представлены в выпускной квалификационной работе А.И. Полторака, выполненной на факультете бизнеса и менеджмента НИУ ВШЭ в 2019 г.

Категории моделей оценки стоимости жилой недвижимости в зависимости от характеристик

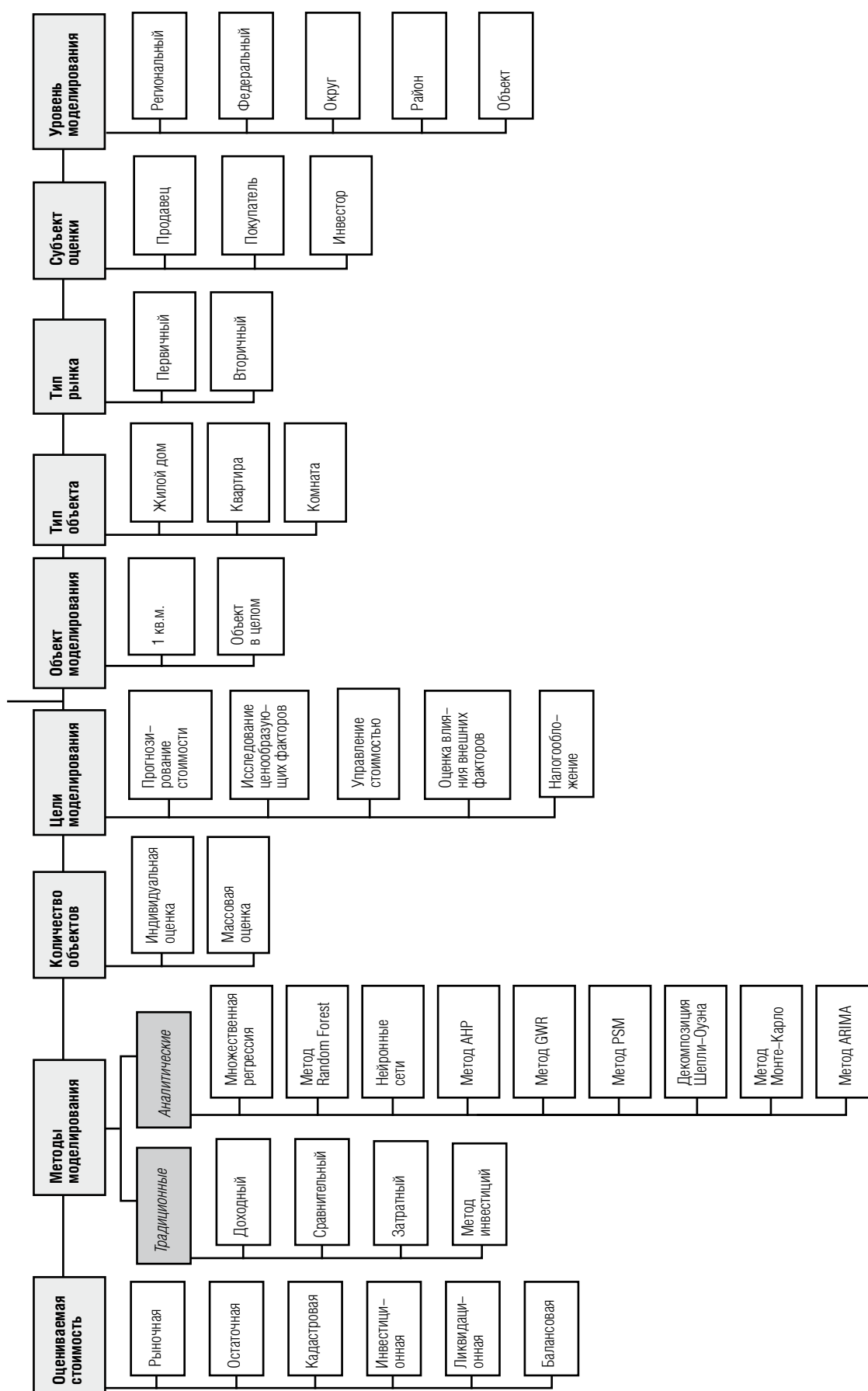


Рис. 2. Пространственная структура моделей оценки стоимости жилой недвижимости

2. Анализ рынка жилой недвижимости Москвы

По данным Росстата, среди субъектов Российской Федерации в 2019 году наибольшие объемы жилищного строительства осуществлялись в Московской области и Москве, где было введено соответственно 10,5% и 6,3% от сданной в эксплуатацию общей площади жилья по России в целом³. По данным Банка России, наибольший объем кредитов в общем объеме жилищных кредитов по Российской Федерации был выдан в Москве (13,8%) и в Московской области (8,5%). При этом реальные располагаемые денежные доходы населения России в 2019 году по предварительным данным увеличились по сравнению с 2018 годом на 1,0%⁴.

Средневзвешенная процентная ставка по ипотечному жилищному кредитованию, по данным Банка России, снизилась с 9,87% в январе до 9,00% в декабре 2019 года⁵. В 2020 году тенденция к снижению ставки по ипотечному кредитованию сохранилась. Кроме того, в период с 17 апреля по 1 ноября 2020 года для покупки квартиры в новостройках введена льготная ипотека со ставкой не более 6,5%, при этом сумма кредита ограничена (до 8 млн руб. в Москве и Московской области) [28].

Рынок жилой недвижимости Москвы и Московской области характеризуется большим разнообразием категорий объектов недвижимости как на первичном, так и на вторичном рынках. Следует отметить, что в зависимости от различных факторов на тот или иной объект недвижимости может устанавливаться определенная цена.

Среди значительного разнообразия категорий объектов жилой недвижимости большинство на рынке Москвы и Московской области составляют объекты жилой недвижимости, расположенные в многоквартирных домах. Поэтому для анализа стоимости жилой недвижимости целесообразно выбрать именно эту категорию объектов.

Следует отметить, что на стоимость жилья в Москве и Московской области влияют различные факторы, которые условно можно разделить на факторы внешней среды (экзогенные) и внутренние факторы (эндогенные). Классификация факторов,

влияющих на стоимость одного квадратного метра квартиры представлена на *рисунке 3*.

Среди экзогенных факторов можно выделить влияние факторов мирового, странового, и регионального уровней, а среди эндогенных — факторы, которые относятся к локальному уровню, и факторы самого объекта.

К факторам мирового уровня, оказывающим влияние на стоимость одного квадратного метра, можно отнести пандемию коронавируса, ужесточение санкций в отношении России, изменение цены на нефть, валютного курса и других факторов. Их влияние достаточно трудно напрямую оценить в стоимостном выражении, однако косвенное влияние этих факторов на стоимость жилой недвижимости, несомненно, имеет место. Воздействие данных факторов проявляется, прежде всего, в непосредственном влиянии на состояние экономики страны, что приводит к изменениям в секторе жилой недвижимости.

К факторам странового уровня относятся изменение ставки по ипотечному кредитованию, введение эскроу-счетов, налогообложение, инфляция, льготы. Влияние указанных факторов можно определить непосредственно. Например, по данным анализа, проведенного сотрудниками ИНП РАН, в результате снижения ставки кредитования с 10 до 6,5% значение индекса доступности приобретения жилья с кредитом (housing affordability index, HAI) на первичном рынке возрастет с 104,7% до 135,5% [29]. Прежде всего, данные меры введены государством с целью поддержки строительного сектора и поддержания уровня цен на рынке жилья за счет спроса. Введение механизма эскроу-счетов, повышение ставки НДС до 20% в 2019 году, рост инфляции (уровень которой по данным ЦБ РФ ожидается в пределах 3,8–4,8% по итогам 2020 года) существенно отражаются на стоимости жилой недвижимости⁶.

К региональным факторам, влияющим на стоимость жилой недвижимости, относятся численность населения, уровень доходов населения, климатические условия, реновация, спрос и предложение.

³ Федеральная служба государственной статистики РФ: <http://www.gks.ru>

⁴ Центральный банк Российской Федерации: <https://www.cbr.ru/>

⁵ Центральный банк Российской Федерации: <https://www.cbr.ru/>

⁶ Центральный банк Российской Федерации: <https://www.cbr.ru/>

Факторы влияющие на стоимость одного квадратного метра жилой недвижимости

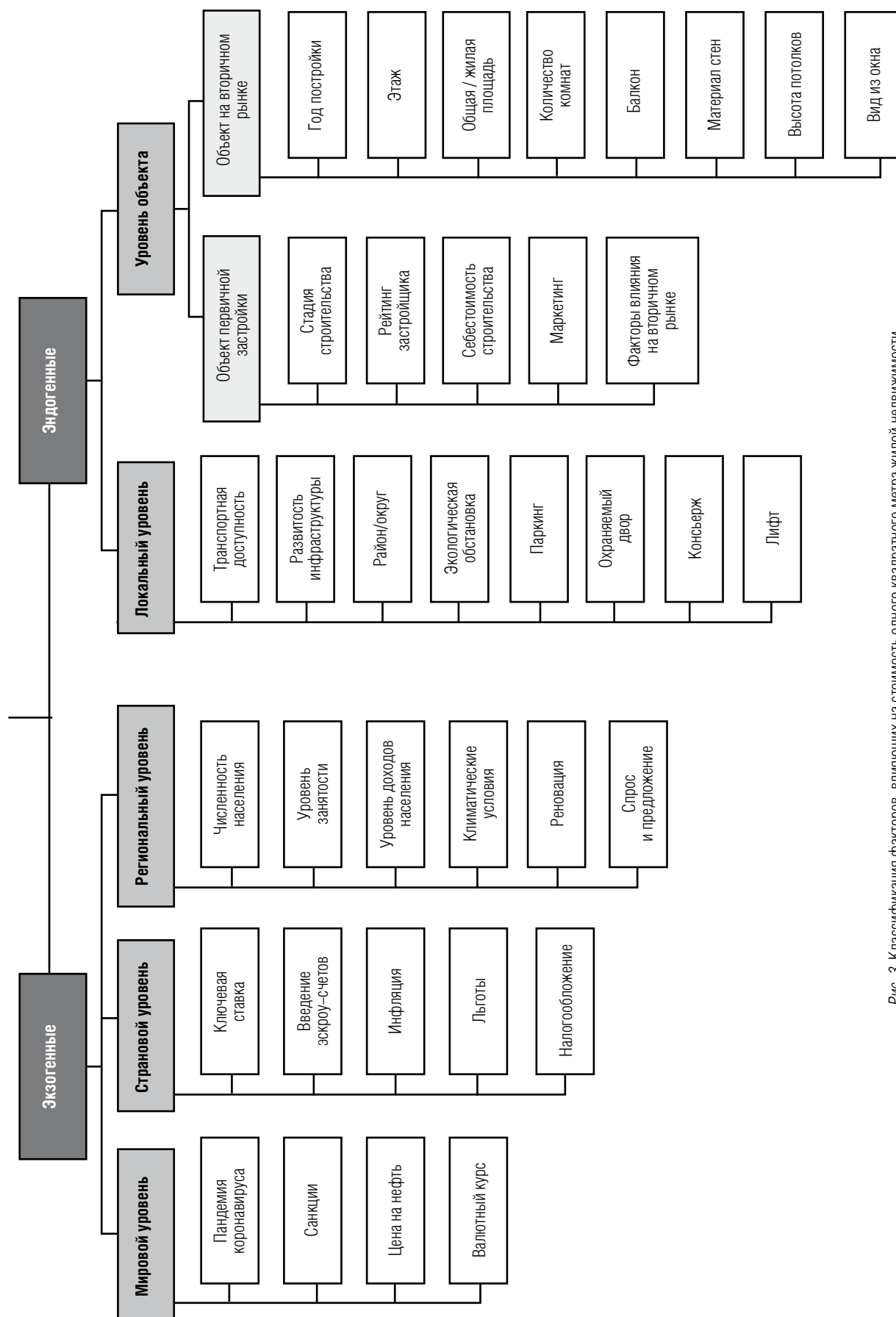


Рис. 3. Классификация факторов, влияющих на стоимость одного квадратного метра жилой недвижимости

На стоимость объекта недвижимости также оказывают влияние внутренние факторы, которые непосредственно характеризуют сам объект и его местоположение относительно инфраструктуры. Среди таких факторов на локальном уровне можно выделить транспортную доступность, развитость инфраструктуры, район/округ, экологическую обстановку, наличие паркинга, охраняемого двора, консьержа, лифта и т.п. На уровне самого объекта стоит выделить факторы, оказывающие влияние в зависимости от того, строящийся это объект или готовый. К факторам, влияющим на стоимость объекта вторичного рынка, относятся год постройки, этаж, общая / жилая площадь, количество комнат, наличие балкона, материал стен, вид из окна, высота потолков. К факторам, влияющим на стоимость объекта первичного рынка, помимо вышеуказанных факторов, относятся себестоимость строительства, стадия строительства, рейтинг застройщика, маркетинг. Например, чем ближе срок сдачи дома, тем жилье дороже, и наоборот. При покупке жилой недвижимости на стадии строительства покупатели обращают особое внимание на рейтинг и опыт застройщика, поэтому стоимость объектов при одинаковых показателях у более надежного застройщика, как правило, выше.

Стоит отметить, что ценообразование на первичном и вторичном рынках жилой недвижимости существенно отличается. Следовательно, модель оценки стоимости объекта, построенная для первичного рынка, не будет релевантной для вторичного рынка.

3. Комплексная модель прогнозирования стоимости жилой недвижимости на вторичном рынке

Проблема прогнозирования стоимости недвижимости на вторичном рынке жилья была и остается актуальной уже на протяжении нескольких десятилетий. Качественный прогноз позволяет снизить риски как для органов государственного управления, так и для риелторов, специализирующихся на купле-продаже жилья, а также для обычных граждан, которые покупают или продают квартиры.

Разработанная комплексная модель прогнозирования стоимости жилой недвижимости на вторич-

ном рынке включает в себя две подмодели — модель прогнозирования уровня комфортности жилья на основе местных данных и модель прогнозирования стоимости единицы жилой недвижимости на основе факторов объекта и входных переменных, являющихся результатом прогноза модели комфортности жилья.

3.1. Модель прогнозирования уровня комфортности жилой недвижимости на вторичном рынке в Москве

Для прогнозирования уровня комфортности объектов жилой недвижимости была сформирована выборка из 304 наблюдений, включающая 14 факторов, взятых из базы ЦИАН⁷.

Предполагается, что зависимая переменная «комфортность» может принимать три значения: 1 — минимальный уровень комфортности; 2 — средний уровень комфортности; 3 — высокий уровень комфортности жилья. Независимыми факторами являются: наличие лифта, год постройки, округ, район, наличие мусоропровода, наличие паркинга, «дом под снос», расстояние от метро, тип дома (0 — панельный; 1 — кирпичный; 2 — блочный; 3 — монолитный), наличие консьержа, этажность, расстояние от МКАД, количество подъездов, оценка инфраструктуры (1 — минимально развитая инфраструктура; 2 — среднеразвитая инфраструктура: есть магазины и аптеки, но нет развлекательных центров, медицинских и образовательных учреждений; 3 — максимально развитая инфраструктура).

Частотное распределение значений выборки по категориям уровня комфортности следующее: в категорию высокий уровень комфортности попало наибольшее число элементов выборки — 117, в категорию средний уровень комфортности — 101, а в категорию минимальный уровень комфортности — 86.

Для прогнозирования уровня комфортности жилья по Москве 12 территориально-административных округов с входящими районами, значения которых случайным способом вошли в выборку, были сгруппированы в пять укрупненных округов по принципу близости средних цен на жилье (*таблица 1*).

⁷ ЦИАН: <https://www.cian.ru/>

Таблица 1.

Средние значения цен на жилье в разбивке по районам

№ п/п	Район	Средняя цена в рублях	Число наблюдений	Стандартное отклонение
1	Центральный	20 634 899,40	25	16 110 812,30
2	Западный	13 425 600,00	25	6 336 071,39
3	Восточный	10 571 250,00	24	7 849 054,95
4	Северный	10 417 986,20	25	6 341 765,62
5	Юго-Западный	9 797 307,69	26	4 014 771,39
6	Северо-Западный	9 471 791,92	24	4 063 054,40
7	Южный	8 560 000,00	25	2 340 539,47
8	Северо-Восточный	8 091 280,00	25	2 754 360,66
9	Юго-Восточный	7 535 199,96	25	2 385 758,27
10	Новомосковский	6 437 160,00	25	2 232 530,14
11	Зеленоградский	6 124 800,00	25	2 243 342,22
12	Троицкий	4 287 666,67	30	1 103 601,26
Всего в среднем		9 612 911,82	304	4 814 638,51

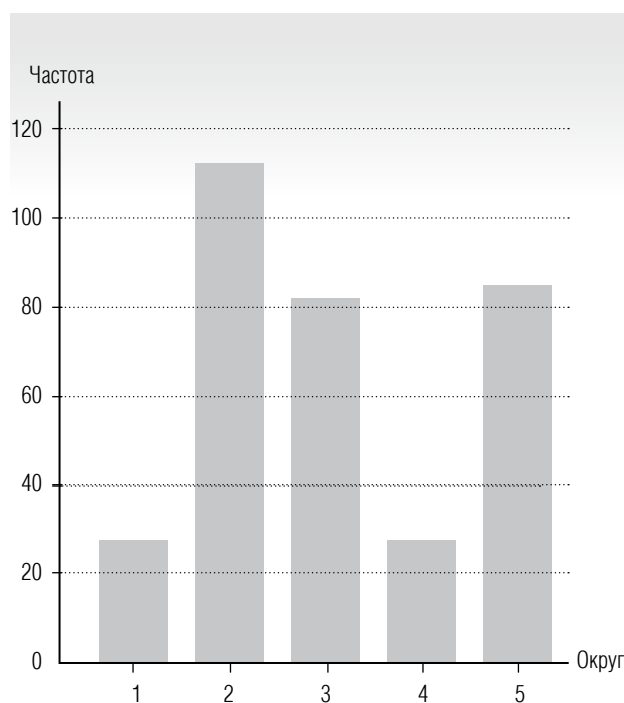
Была создана новая переменная «округ», состоящая из пяти объединенных округов и принимающая следующие значения:

- ♦ Центральный;
- ♦ Северный, Восточный, Юго-Западный, Северо-Западный;
- ♦ Северо-Восточный, Юго-Восточный, Южный;
- ♦ Западный;
- ♦ Новомосковский, Зеленоградский, Троицкий.

Гистограмма распределения частот значений переменной «Округ» в выборке приведена на рисунке 4.

Как видно из гистограммы, наибольшее количество значений попало в категорию 2, что объясняется тем, что данная категория охватывает сразу четыре из 12 территориально-административных округов г. Москвы.

Для прогнозирования уровня комфортности был использован метод дерева решений CRT (глубина дерева – 5, количество узлов – 25). В число значимых переменных вошли: «расстояние от метро», «инфраструктура», «расстояние от МКАД», «возраст дома», «округ», «этажность дома», «наличие лифта», «тип дома», «количество подъездов», «наличие мусоропровода», «дом под снос», «наличие паркинга» и «наличие консервжа».



- 1 – Центральный
- 2 – Северный, Восточный, Юго-Западный, Северо-Западный
- 3 – Северо-Восточный, Юго-Восточный, Южный
- 4 – Западный
- 5 – Новая Москва

Рис. 4. Структура переменной «округ»

Как показал анализ, объекты жилья с максимальным уровнем комфортности, в первую очередь, характеризуются близостью к метро — деление на группы происходит на уровне более и менее 16 минут до метро. В узел 1 попало 109 значений из выборки соответствующих максимальному уровню комфортности, что составило 66% значений узла 1. В то же время в узел 2 попало всего 8 значений из выборки с максимальным уровнем комфортности, что составляет всего 5,8% значений из узла 2.

Далее происходит разделение по расстоянию от МКАД. Если объект недвижимости около метро, но за МКАД, то, возможно, его территориальное расположение не такое привлекательное, как у объектов, которые находятся дальше от метро, но ближе к центру. При этом объекты недвижимости, которые не находятся в пешеходной доступности от метро далее подразделяются по наличию паркинга, поскольку их жители пользуются своим автотранспортом. При наличии паркинга большее число значений узла принадлежит группам комфортности 2 и 3, в то время как при отсутствии паркинга объект, скорее всего, будет принадлежать к группе комфортности 1.

Классификация независимых переменных по значимости представлена на рисунке 5. Доля правильно предсказанных значений составила 71,7%. Спрогнозированные значения уровня комфортности и полученные узлы используются для построения модели прогнозирования комфортности жилой недвижимости.

3.2. Прогнозирование стоимости единицы жилой недвижимости в Москве на основе порядковой логистической модели

Для прогнозирования стоимости единицы жилой недвижимости на вторичном рынке Москвы была использована порядковая логистическая регрессионная модель. Все цены на жилую недвижимость были сгруппированы в шесть ценовых категорий (таблица 2).

Таблица 2.

Соответствие категории и ценового диапазона стоимости квартиры

Номер категории	Ценовой диапазон (руб.)
1	менее 5 500 000
2	от 5 500 001 до 6 450 000
3	от 6 450 001 до 7 500 000
4	от 7 500 001 до 8 950 000
5	от 8 950 001 до 13 490 000
6	более 13 490 000

Анализ коэффициентов построенной модели показал, что значимыми являются следующие переменные: «общая площадь» (totalarea), «высота потолков» (ceilingheight), «количество комнат» (rooms), «наличие ремонта» (repairs), «наличие балкона» (balcony), «округ» (district) и «предсказанная комфортность» (comfort) (таблица 3).

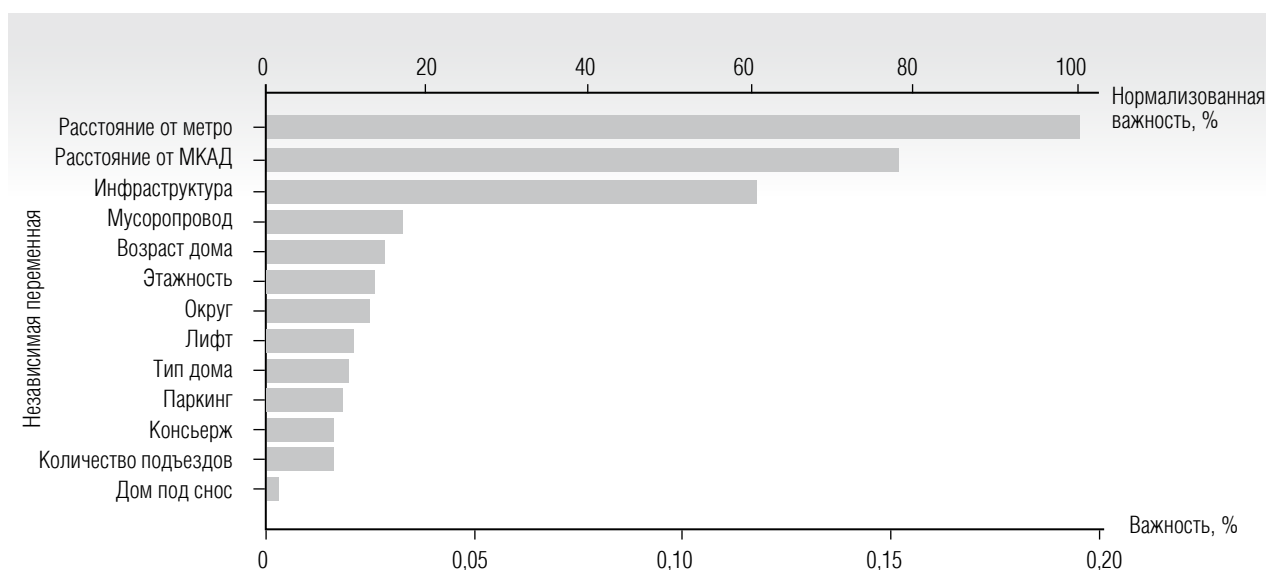


Рис. 5. Классификация независимых переменных по значимости (метод построения — CRT, зависимая переменная — «комфортность»)

Таблица 3.

Порядковая логистическая модель стоимости 1 кв. м жилья

№ п/п	Переменная	Оценка	Стандартная ошибка	Вальд	Степень свободы	Значимость
1	totalarea	0,133	0,021	41,602	1	0,000
2	ceilingheight	1,492	0,554	7,250	1	0,007
3	rooms	-8,738	0,374	546,982	1	0,000
4	repairs = 0	-1,250	0,289	18,73	1	0,000
5	repairs = 1	0 ^{а)}	–	–	0	–
6	balcony = 0	-0,586	0,307	3,652	1	0,056
7	balcony = 1	0 ^{а)}	–	–	0	–
8	district1	9,920	0,905	120,245	1	0,000
9	district2	5,608	0,507	122,387	1	0,000
10	district3	4,959	0,495	100,487	1	0,000
11	district4	5,652	0,654	74,702	1	0,000
12	district5	0 ^{а)}	–	–	0	–
13	comfort1	-2,950	0,413	51,124	1	0,000
14	comfort2	-3,132	0,419	55,737	1	0,000
15	comfort3	0 ^{а)}	–	–	0	–

Функция связи: Логит

^{а)} Данному параметру присвоено значение ноль, так как он является избыточным.

Построенная модель имеет вид:

$$P = \frac{1}{1 + e^{-y}},$$

$$y = 0,133 \cdot \text{totalarea} + 1,492 \cdot \text{ceilingheight} - 8,738 \cdot \text{rooms} - 1,250 \cdot \text{repairs} - 0,586 \cdot \text{balcony} + 9,920 \cdot \text{district1} + 5,608 \cdot \text{district2} + 4,959 \cdot \text{district3} + 5,652 \cdot \text{district4} - 2,950 \cdot \text{comfort1} - 3,132 \cdot \text{comfort2},$$

где district1 – Центральный округ;

district2 – объединение четырех округов: Северного, Восточного, Юго-Западного, Северо-Западного;

district3 – объединение трех округов: Северо-Восточного, Юго-Восточного, Южного;

district4 – Западный округ;

district5 – объединение трех округов: Новомосковского, Зеленоградского и Троицкого;

comfort1 – минимальная комфортность жилья;

comfort2 – средняя комфортность жилья;

comfort3 – высокая комфортность жилья.

Переменные district и comfort представляют собой “dummi”-переменные. В уравнении число “dummi”-переменных всегда на единицу меньше, чем самих таких переменных, поскольку одна из них всегда является базовой. Так, в данной модели в качестве базовых переменных выбраны district5 и comfort3.

О качестве построенной модели свидетельствуют уменьшение логарифма правдоподобия с включенными переменными почти в два раза, высокие значения псевдо R-квадрат Кокса и Снелла (0,849) и Найджелкерка (0,873), и доля правильно предсказанных значений (71%).

Для апробации разработанной комплексной модели была собрана новая выборка из 30 квартир вторичного рынка г. Москвы, взятых случайным образом из базы данных ЦИАН за 2019 год. Сравнительные данные по апробации порядковой логистической модели, включающие фактическую и предсказанную категорию, а также среднюю относительную ошибку прогноза, представлены в таблице 4.

Таблица 4.

**Прогноз стоимости единицы жилой площади
вторичного рынка Москвы**

№	Предсказанная категория	Предсказанная вероятность попадания в категорию	Ценовой диапазон для категории, руб.	Фактическое значение, руб.	Фактическая категория	Проверка вхождения в категорию	Средняя относительная ошибка прогноза, %
1	2	0,50	6 450 000 – 7 500 000	6 800 000	2	да	10%
2	6	0,94	более 13 490 000	15 200 000	6	да	
3	4	0,52	7 500 000 – 8 950 000	7 800 000	4	да	
4	5	0,65	8 950 000 – 13 490 000	12 500 000	5	да	
5	4	0,46	7 500 000 – 8 950 000	8 200 000	4	да	
6	3	0,58	6 450 000 – 7 500 000	7 000 000	3	да	
7	3	0,58	6 450 000 – 7 500 000	6 650 000	3	да	
8	6	0,89	более 13 490 000	13 200 000	5	нет	
9	2	0,54	6 450 000 – 7 500 000	6 500 000	2	да	
10	6	1,00	более 13 490 000	22 999 000	6	да	
11	1	0,60	5 500 000 – 6 450 000	6 040 000	1	да	
12	4	0,58	7 500 000 – 8 950 000	8 500 000	4	да	
13	2	0,55	5 500 000 – 6 450 000	5 700 000	2	да	
14	6	0,54	8 950 000 – 13 490 000	9 300 000	5	нет	
15	4	0,59	7 500 000 – 8 950 000	7 950 000	4	да	
16	2	0,55	5 500 000 – 6 450 000	5 700 000	2	да	
17	2	0,54	5 500 000 – 6 450 000	6 200 000	2	да	
18	5	0,58	8 950 000 – 13 490 000	10 300 000	5	да	
19	1	0,90	5 500 000 – 6 450 000	4 950 000	1	да	
20	2	0,47	5 500 000 – 6 450 000	5 900 000	2	да	
21	2	0,53	5 500 000 – 6 450 000	6 800 000	2	да	
22	4	0,53	7 500 000 – 8 950 000	8 750 000	4	да	
23	2	0,55	5 500 000 – 6 450 000	5 200 000	2	да	
24	5	0,64	7 500 000 – 8 950 000	8 700 000	4	нет	
25	3	0,56	6 450 000 – 7 500 000	7 350 000	3	да	
26	2	0,50	5 500 000 – 6 450 000	6 100 000	2	да	
27	4	0,55	7 500 000 – 8 950 000	7 800 000	4	да	
28	2	0,43	5 500 000 – 6 450 000	5 850 000	2	да	
29	2	0,49	5 500 000 – 6 450 000	5 850 000	2	да	
30	5	0,62	8 950 000 – 13 490 000	11 300 000	5	да	

Как видно из таблицы, средняя ошибка прогноза составила 10%. Это говорит о достаточно высокой прогностической способности модели. Следует отметить, что грубых ошибок модель не допустила: неправильно предсказаны значения только для трех наблюдений. При этом в случае с наблюдением 8 фактическая цена квартиры близка к нижней границе шестого ценового диапазона, и модель спрогнозировала попадание в эту ценовую категорию. В случае с наблюдением 24 фактическая цена квартиры находится близко к верхней границе четвертого ценового диапазона или к нижней границе пятого ценового диапазона, и модель спрогнозировала попадание в пятую ценовую категорию. Наиболее серьезная ошибка прогноза допущена в случае с наблюдением 14, для которого фактическая цена лежит в пятом ценовом диапазоне, а прогнозная ценовая категория оказалась шестой.

Таким образом, апробация разработанной комплексной модели прогнозирования стоимости единицы жилой недвижимости показала, что средняя относительная ошибка прогноза не превышает 10%. При этом ошибки лежат в пределах соседних ценовых категорий и имеют место только тогда, когда реальная цена жилой недвижимости близка к границе ценового диапазона.

Разработанная комплексная модель позволяет оценить диапазон цен, в котором находится стоимость объекта недвижимости, на основе его исходных характеристик.

Заключение

В рамках данного исследования проанализированы существующие российские и зарубежные модели и методы прогнозирования стоимости жилой

недвижимости. На этой основе предложена пространственная структура моделей оценки стоимости жилой недвижимости, а также определены, исследованы и проанализированы ценообразующие факторы, оказывающие влияние на стоимость объектов жилой недвижимости в Москве.

Разработана модель прогнозирования комфортности жилых объектов на основе сформированной случайной выборки объектов (квартир) по всем административным округам Москвы на основе деревьев классификации CRT, в которой зависимая переменная стоимости жилой недвижимости была преобразована в категориальную переменную, характеризующую ценовую категорию. Прогнозная точность метода деревьев классификаций CRT составила 72%.

Разработана комплексная модель прогнозирования стоимости жилой недвижимости, состоящая из двух подмоделей. Первая из них представляет собой модель прогнозирования комфортности жилья. Вторая — порядковая логистическая регрессионная модель прогнозирования стоимости единицы жилой недвижимости, включающая факторы, характеризующие объект (квартиру), а также прогнозное значение уровня комфортности, являющегося результатом модели прогнозирования комфортности жилых объектов. Порядковая логистическая регрессионная модель показала прогностическую точность 71%.

Также проведена апробация разработанной комплексной модели на реальных данных о стоимости жилой недвижимости вторичного рынка г. Москвы за 2019 год. Относительная ошибка прогноза ценовой категории стоимости объектов жилой недвижимости составила 10%. ■

Литература

1. Жилищный кодекс Российской Федерации от 29.12.2004 № 188-ФЗ (ред. от 31.07.2020). [Электронный ресурс]: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_51057/ (дата обращения 05.08.2020).
2. Грибовский С.В., Сивец С.А. Математические методы оценки стоимости недвижимого имущества. М.: Финансы и статистика, 2008.
3. Грибовский С.В., Федотова М.А., Стерник Г.М., Житков Д.Б. Экономико-математические модели оценки недвижимости // Финансы и кредит. 2005. № 3 (171). С. 24–43.
4. Сигел Э. Практическая бизнес-статистика. М.: Вильямс, 2008.
5. Стерник Г.М., Стерник С.Г. Анализ рынка недвижимости для профессионалов. М.: Экономика, 2009.
6. Молчанова М.Ю., Печенкина А.В. Применение сценарного метода при прогнозировании ситуации на рынке жилья г. Перми // Вестник Пермского университета. 2015. № 1 (24). С. 79–88.
7. Печенкина А.В. Использование многоуровневой факторной модели при прогнозировании ситуации на региональном рынке недвижимости (на примере Пермского края) // Имущественные отношения в Российской Федерации. 2010. № 11 (110). С. 57–72.
8. Хабибрахманова Р.Р., Хабибрахманов Р.Р. Моделирование динамики изменения цен на рынке жилья в г. Казани // Управление экономическими системами: электронный научный журнал. 2015. № 4 (76). С. 57.

9. Алексеев А.О., Харитонов В.А., Ясницкий В.Л. Разработка концепции комплексного нейросетевого моделирования процессов массовой оценки и сценарного прогнозирования рыночной стоимости жилой недвижимости // Известия вузов. Инвестиции. Строительство. Недвижимость. 2018. Т. 8. № 1 (24). С. 11–22.
10. Ясницкий Л.Н., Ясницкий В.Л. Разработка и применение комплексных нейросетевых моделей массовой оценки и прогнозирования стоимости жилых объектов на примере рынков недвижимости Екатеринбурга и Перми // Имущественные отношения в Российской Федерации. 2017. Т. 186. № 3. С. 68–84.
11. Hefferan M.J., Boyd T. Property taxation and mass appraisal valuations in Australia – adapting to a new environment // Property Management. 2010. Vol. 28. No 3. P. 149–162. DOI: 10.1108/02637471011051291.
12. Gonzalez M.A.S., Formoso C.T. Mass appraisal with genetic fuzzy rule-based systems // Property Management. 2006. Vol. 24. No 1. P. 20–30. DOI: 10.1108/02637470610643092.
13. Davis P., McCluskey W., Grissom T.V., McCord M. An empirical analysis of simplified valuation approaches for residential property tax purposes // Property Management. 2012. Vol. 30. No 3. P. 232–254. DOI: 10.1108/02637471211233774.
14. Guan J., Shi D., Zurada J.M., Levitan A.S. Analyzing massive data sets: An adaptive fuzzy neural approach for prediction with a real estate illustration // Journal of Organizational Computing and Electronic Commerce. 2014. Vol. 24. No 1. P. 94–112. DOI: 10.1080/10919392.2014.866505.
15. Bowcock P. A discussion paper on valuations for mortgage and the level of house prices // International Journal of Housing Markets and Analysis. 2015. Vol. 8. No 1. P. 27–35. DOI: 10.1108/IJHMA-07-2014-0024.
16. Kucharska-Stasiak E., Olbińska K. Reflecting sustainability in property valuation-defining the problem // Real Estate Management and Valuation. 2018. Vol. 26. No 2. P. 60–70. DOI: 10.2478/remav-2018-0016.
17. Naderi I., Sharbatoghlie A., Vafaeimehr A. Housing valuation model: An investigation of residential properties in Tehran // International Journal of Housing Markets and Analysis. 2012. Vol. 5. No 1. P. 20–40. DOI: 10.1108/17538271211206644.
18. Kucharska-Stasiak E., Żróbek S., Cellmer R. Forms and effectiveness of the client's influence on the market value of property – Case study // Real Estate Management and Valuation. 2018. Vol. 26. No 3. P. 82–92. DOI: 10.2478/remav-2018-0027.
19. Kilpatrick J. Expert systems and mass appraisal // Journal of Property Investment and Finance. 2011. Vol. 29. No 4. P. 529–550. DOI: 10.1108/14635781111150385.
20. Narula S.C., Wellington J.F., Lewis S.A. Valuating residential real estate using parametric programming // European Journal of Operational Research. 2012. Vol. 217. No 1. P. 120–128. DOI: 10.1016/j.ejor.2011.08.014.
21. Ferlan N., Bastic M., Psunder I. Influential factors on the market value of residential properties // Engineering Economics. 2017. Vol. 28. No 2. P. 135–144. DOI: 10.5755/j01.ee.28.2.13777.
22. Garcia N., Gámez M., Alfaro E. ANN+GIS: An automated system for property valuation // Neurocomputing. 2008. Vol. 71. No 4–6. P. 733–742. DOI: 10.1016/j.neucom.2007.07.031.
23. Shapiro E., Mackmin D., Sams G. Modern methods of valuation. London: Estates Gazette, 2012. DOI: 10.4324/9780080971179.
24. Pagourtzi E., Assimakopoulos V., Hatzichristos T., French N. Real estate appraisal: a review of valuation methods // Journal of Property Investment and Finance. 2003. Vol. 21. No 4. P. 383–401. DOI: 10.1108/14635780310483656.
25. Tao C. On the use of analytic network process for modeling housing prices: a Chongqing perspective. Doctoral dissertation. Hong Kong: City University of Hong Kong, 2010.
26. Özkan G., Yalprı Ş., Uygunol O. An investigation on the price estimation of residable real estates by using artificial neural network and regression methods // 12th Applied Stochastic Models and Data Analysis International conference (ASMDA). Chania, Crete, Greece, 29 May – 1 June 2007. P. 1–8.
27. Wang D., Li V.J. Mass appraisal models of real estate in the 21st Century: A Systematic literature review // Sustainability. 2019. Vol. 24. No 11. P. 1–14. DOI: 10.3390/su11247006.
28. Об утверждении Правил возмещения кредитным и иным организациям недополученных доходов по жилищным (ипотечным) кредитам (займам), выданным гражданам Российской Федерации в 2020 году. Постановление Правительства РФ от 23 апреля 2020 г. № 566. [Электронный ресурс]: <http://government.ru/docs/39558/> (дата обращения 18.07.2020).
29. Ноздрина Н.Н., Минченко М.М. Анализ изменения доступности жилья в свете введения на 2020 год льготной ставки ипотечного кредитования. [Электронный ресурс]: <https://ecfor.ru/publication/dostupnosti-zhilya-stavka-ipotechnogo-kreditovaniya/> (дата обращения 18.07.2020).

Об авторах

Богданова Татьяна Кирилловна

кандидат экономических наук, доцент;

доцент департамента бизнес-информатики, Высшая школа бизнеса,
Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики»,
101000, г. Москва, ул. Мясницкая, д. 20;

E-mail: tanbog@hse.ru

ORCID: 0000-0002-0018-2946

Камалова Альбина Рустамовна

аспирант департамента бизнес-информатики, Высшая школа бизнеса,
Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики»,
101000, г. Москва, ул. Мясницкая, д. 20;

E-mail: akamalova@hse.ru

Кравченко Татьяна Константиновна

доктор экономических наук, профессор;

профессор департамента бизнес-информатики, Высшая школа бизнеса,
Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики»,
101000, г. Москва, ул. Мясницкая, д. 20;

E-mail: tkravchenko@hse.ru

ORCID: 0000-0002-6479-6250

Полторак Анастасия Игоревна

ведущий аналитик, ООО «Селдон 2», 105005, г. Москва, ул. Радио, д. 24, кор. 1;

E-mail: poltoraknastya@gmail.com

Problems of modeling the valuation of residential properties

Tatiana K. Bogdanova^a

E-mail: tanbog@hse.ru

Albina R. Kamalova^a

E-mail: akamalova@hse.ru

Tatiana K. Kravchenko^a

E-mail: tkravchenko@hse.ru

Anastasia I. Poltorak^b

E-mail: poltoraknastya@gmail.com

^a National Research University Higher School of Economics
Address: 20, Myasnitskaya Street, Moscow 101000, Russia

^b Seldon 2 LLC
Address: 24 build. 1, Radio Street, Moscow 105005, Russia

Abstract

The solution of the housing problem for many decades has been and remains one of the most important tasks facing the nation. The problem of modeling the value of residential properties is becoming more and more urgent, since a high-quality forecast makes it possible to reduce risks, both for government bodies and for realtors specializing in the purchase and sale of residential properties, as well as for ordinary citizens who buy or sell apartments. Predictive models allow us to get an adequate assessment of both the current and future situation on the residential property market, to identify trends in the cost of housing and the factors influencing these changes. This involves both the qualitative characteristics of the particular property, and the general condition and the dynamics of the real estate market. Russia is characterized by significant differences in the level of development of regions, therefore, by differences in trends of supply and demand prices for real estate. Valuation of residential properties at the regional level is particularly important, since all of the above determines the social and economic importance of this problem. This article presents a comprehensive model for estimating the value of residential properties in the secondary housing market of Moscow using decision tree methods and ordinal logistic regression. A predictive model of the level of housing comfort was built using the CRT decision tree method. The results of this forecast are used as input information for an ordinal logistic regression model for estimating the value of residential properties in the secondary market of Moscow. Testing the model on real data showed the high predictive ability of the model we generated.

Key words: model; value estimation; residential properties; secondary housing market; ordinal logistic regression; decision tree; CRT method; value forecast.

Citation: Bogdanova T.K., Kamalova A.R., Kravchenko T.K., Poltorak A.I. (2020) Problems of modeling the valuation of residential properties. *Business Informatics*, vol. 14, no 3, pp. 7–23. DOI: 10.17323/2587-814X.2020.3.7.23

References

1. *Housing code of the Russian Federation*. Federal law No 188-FZ of 29 December 2004 (ed. from 31 July 2020). Available at: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_51057/ (accessed 05 August 2020) (in Russian).
2. Gribovsky S.V., Sivets S.A. (2008) *Mathematical methods for estimating the value of real estate*. Moscow: Finance and Statistics (in Russian).
3. Gribovsky S.V., Fedotova M.A., Sternik G.M., Zhitkov D.B. (2005) Economic and mathematical models of real estate valuation. *Finance and Credit*, no 3 (171), pp. 24–43 (in Russian).
4. Sigel E. (2008) *Practical business statistics*. Moscow: Williams (in Russian).
5. Sternik G.M., Sternik S.G. (2009) *Real estate market analysis for professionals*. Moscow: Economics (in Russian).
6. Molchanova M.Yu., Pechenkina A.V. (2015) Application of the scenario method in predicting the situation on the housing market in Perm. *Perm University Herald*, no 1 (24), pp. 79–88 (in Russian).
7. Pechenkina A.V. (2010) Using a multi-level factor model in predicting the situation on the regional real estate market (on the example of the Perm region). *Property Relations in the Russian Federation*, no 11 (110), pp. 57–72 (in Russian).
8. Khabibrahmanova R.R., Khabibrahmanov R.R. (2015) Modeling the dynamics of price changes in the housing market in Kazan. *Management of Economic Systems. Scientific Electronic Journal*, no 4 (76), p. 57 (in Russian).
9. Alekseev A.O., Kharitonov V.A., Yasnitsky V.L. (2018) Developing the concept of complex neural network modeling of mass assessment processes and scenario forecasting of residential real estate market value. *Proceedings of Universities. Investment. Construction. Real Estate*, vol. 8, no 1 (24), pp. 11–22 (in Russian).
10. Yasnitsky L.N., Yasnitsky V.L. (2017) Development and application of complex neural network models for mass estimation and forecasting of the cost of residential properties on the example of real estate markets in Ekaterinburg and Perm. *Property Relations in the Russian Federation*, vol. 186, no 3, pp. 68–84 (in Russian).
11. Hefferan M.J., Boyd T. (2010) Property taxation and mass appraisal valuations in Australia – adapting to a new environment. *Property Management*, vol. 28, no 3, pp. 149–162. DOI: 10.1108/02637471011051291.
12. Gonzalez M.A.S., Formoso C.T. (2006) Mass appraisal with genetic fuzzy rule-based systems. *Property Management*, vol. 24, no 1, pp. 20–30. DOI: 10.1108/02637470610643092.
13. Davis P., McCluskey W., Grissom T.V., McCord M. (2012) An empirical analysis of simplified valuation approaches for residential property tax purposes. *Property Management*, vol. 30, no 3, pp. 232–254. DOI: 10.1108/02637471211233774.
14. Guan J., Shi D., Zurada J.M., Levitan A.S. (2014) Analyzing massive data sets: An adaptive fuzzy neural approach for prediction with a real estate illustration. *Journal of Organizational Computing and Electronic Commerce*, vol. 24, no 1, pp. 94–112. DOI: 10.1080/10919392.2014.866505.
15. Bowcock P. (2015) A discussion paper on valuations for mortgage and the level of house prices. *International Journal of Housing Markets and Analysis*, vol. 8, no 1, pp. 27–35. DOI: 10.1108/IJHMA-07-2014-0024.
16. Kucharska-Stasiak E., Olbińska K. (2018) Reflecting sustainability in property valuation-defining the problem. *Real Estate Management and Valuation*, vol. 26, no 2, pp. 60–70. DOI: 10.2478/remav-2018-0016.
17. Naderi I., Sharbatoghlie A., Vafaeimehr A. (2012) Housing valuation model: An investigation of residential properties in Tehran. *International Journal of Housing Markets and Analysis*, vol. 5, no 1, pp. 20–40. DOI: 10.1108/17538271211206644.
18. Kucharska-Stasiak E., Żróbek S., Cellmer R. (2018) Forms and effectiveness of the client's influence on the market value of property – Case study. *Real Estate Management and Valuation*, vol. 26, no 3, pp. 82–92. DOI: 10.2478/remav-2018-0027.
19. Kilpatrick J. (2011) Expert systems and mass appraisal. *Journal of Property Investment and Finance*, vol. 29, no 4, pp. 529–550. DOI: 10.1108/14635781111150385.
20. Narula S.C., Wellington J.F., Lewis S.A. (2012) Valuating residential real estate using parametric programming. *European Journal of Operational Research*, vol. 217, no 1, pp. 120–128. DOI: 10.1016/j.ejor.2011.08.014.
21. Ferlan N., Bastic M., Psunder I. (2017) Influential factors on the market value of residential properties. *Engineering Economics*, vol. 28, no 2, pp. 135–144. DOI: 10.5755/j01.ee.28.2.13777.
22. García N., Gámez M., Alfaro E. (2008) ANN+GIS: An automated system for property valuation. *Neurocomputing*, vol. 71, no 4–6, pp. 733–742. DOI: 10.1016/j.neucom.2007.07.031.
23. Shapiro E., Mackmin D., Sams G. (2012) *Modern methods of valuation*. London: Estates Gazette. DOI: 10.4324/9780080971179.
24. Pagourtzi E., Assimakopoulos V., Hatzichristos T., French N. (2003) Real estate appraisal: a review of valuation methods. *Journal of Property Investment and Finance*, vol. 21, no 4, pp. 383–401. DOI: 10.1108/14635780310483656.
25. Tao C. (2010) *On the use of analytic network process for modeling housing prices: a Chongqing perspective*. Doctoral dissertation. Hong Kong: City University of Hong Kong.
26. Özkan G., Yalpir Ş., Uygunol O. (2007) An investigation on the price estimation of residable real estates by using artificial neural network and regression methods. *Proceedings of the 12th Applied Stochastic Models and Data Analysis International conference (ASMDA), Chania, Crete, Greece, 29 May – 1 June 2007*, pp. 1–8.
27. Wang D., Li V.J. (2019) Mass appraisal models of real estate in the 21st Century: A Systematic literature review. *Sustainability*, vol. 24, no 11, pp. 1–14. DOI: 10.3390/su11247006.

28. Government of the Russian Federation (2020) *About approval of rules of compensation to credit and other organizations of the lost income on the housing (mortgage) credits (loans) issued to citizens of the Russian Federation in 2020*. Decree of the Government of the Russian Federation No 566 of 23 April 2020. Available at: <http://government.ru/docs/39558/> (accessed 18 July 2020) (in Russian).
29. Nozdrina N.N., Minchenko M.M. (2020) *Analysis of changes in housing affordability in the light of the introduction of a preferential mortgage lending rate for 2020*. Available at: <https://ecfor.ru/publication/dostupnosti-zhilya-stavka-ipotechnogo-kreditovaniya/> (accessed 18 July 2020) (in Russian).

About the authors

Tatiana K. Bogdanova

Cand. Sci. (Econ.);

Associate Professor, Department of Business Informatics, Graduate School of Business,
National Research University Higher School of Economics,
20, Myasnitskaya Street, Moscow 101000, Russia;

E-mail: tanbog@hse.ru

ORCID: 0000-0002-0018-2946

Albina R. Kamalova

Doctoral Student, Department of Business Informatics, Graduate School of Business,
National Research University Higher School of Economics,
20, Myasnitskaya Street, Moscow 101000, Russia;

E-mail: akamalova@hse.ru

Tatiana K. Kravchenko

Dr. Sci. (Econ.);

Professor, Department of Business Informatics, Graduate School of Business,
National Research University Higher School of Economics,
20, Myasnitskaya Street, Moscow 101000, Russia;

E-mail: tkravchenko@hse.ru

ORCID: 0000-0002-6479-6250

Anastasia I. Poltorak

Leading Analyst, Seldon 2 LLC,
24 build. 1, Radio Street, Moscow 105005, Russia;

E-mail: poltoraknastya@gmail.com