

Сравнение рыночных и кадастровых данных для прогнозирования рыночной стоимости объектов недвижимости *

Целью исследования является развитие теоретических и методологических подходов к прогнозированию рыночной стоимости на рынке недвижимости. Актуальность исследования определяется системообразующим местом, которое рынок недвижимости занимает в экономике страны и регионов, затрагивая интересы владельцев различных форм собственности, строительных и девелоперских компаний, страховых компаний, банков. Другим аспектом, определяющим актуальность исследования, является несоответствие между хорошо структурированными кадастровыми базами данных и рыночными данными, рассредоточенными между разными владельцами информационных ресурсов, их неструктурированность, ориентация на рекламу, а не на аналитические исследования рынка.

Материалы и методы. В исследовании использована модель многомерного логарифмически нормального закона распределения ансамбля цен на объекты жилой недвижимости в равноотстоящие моменты времени и кадастровой стоимости, модель ARIMA для прогнозирования рыночной стоимости, учитывающая особенности логарифмически нормального распределения цен, как распределения с положительной асимметрией. В качестве статистического материала были использованы рыночные данные по жилой недвижимости, опубликованные в периодической печати в период с конца 2012 по 2018 год. Объемы выборок еженедельных публикаций составляют 15000–20000 объектов, использовались данные за 21 квартал (более пяти лет). В качестве базы сравнения использованы данные кадастрового учета объектов недвижимого имущества в г. Санкт-Петербурге за 2018 год. Общий объем кадастровой базы жилой недвижимости г. Санкт-Петербурга (отдельные квартиры) составляет 2226 734 объекта с достаточно полным (и хорошо структурированным) набором ценообразующих фак-

торов. Авторами предложен метод оценки наиболее вероятного движения рыночной стоимости для заранее выбранного объекта недвижимости, прошедшего кадастровый учет и имеющему занесенную в реестр кадастровую стоимость, прогнозирования рыночной стоимости в будущем периоде.

Результаты. Теоретической значимостью работы является предложенный авторами алгоритм оценки наиболее вероятной траектории рыночной стоимости исследуемого объекта на основе многомерного условного логарифмически нормального распределения цен при заданном значении кадастровой стоимости. К логарифмам полученных временных рядов применяется хорошо разработанная и изученная модель прогнозирования временных рядов ARIMA, возврат от логарифмированных цен к реальным проводится с учетом особенностей логарифмически нормального распределения. Результаты сравниваются с медианными оценками и оценками, полученными по средним значениям.

Заключение. В работе показано, что введение кадастровой стоимости в РФ открывает новые возможности для анализа и прогнозирования рыночных цен, т.к. кадастровые базы содержат наиболее полные списки объектов недвижимости, включая кадастровую стоимость, которая теперь в соответствии с законодательством должна обновляться не реже, чем раз в три года и, по состоянию на 2015 и 2018 год, была определена как рыночная стоимость и, следовательно, до следующей кадастровой оценки может служить базой для постоянного сравнения с рыночными данными, которые все время меняются, прежде всего по составу объектов.

Ключевые слова: многомерный логарифмически нормальный закон распределения, кадастровая стоимость, рыночная стоимость, модель ARIMA.

Michail B. Laskin¹, Polina A. Cherkesova²

¹ Saint Petersburg Institute of Informatics and automation Russian Academy of Sciences (SPIIRAS), Saint Petersburg, Russia

² Saint Petersburg State University, Saint Petersburg, Russia

Market and cadastral data comparison for the real estate market value forecasting

The aim of the research is to develop theoretical and methodological approaches to market value forecasting in the real estate market. The relevance of the research is determined by the system-forming place that the real estate market occupies in the economy of the country and regions, affecting the interests of owners of various forms of ownership, construction and development companies, insurance companies, banks. Another aspect that determines the actuality of the study is the discrepancy between well-structured cadastral databases and market data dispersed between different owners of information resources, and the unstructured nature of market data, which in most cases is focused on advertising, rather than on analytical market research.

Materials and methods. The study uses a model of a multidimensional logarithmically normal distribution law of the ensemble of prices for

residential real estate at equidistant points of time and cadastral value, the ARIMA model for predicting market value, taking into account the features of the logarithmically normal distribution of prices, as a distribution with positive asymmetry. As a statistical material, we used market data on residential real estate published in the periodical press in the period from the end of 2012 to 2018. The volume of samples of weekly publications is 15000–20000 objects; data for 21 quarters (more than five years) was used. As a comparison base, we used data from cadastral registration of real estate objects in Saint Petersburg for 2018. The total volume of the cadastral database of residential real estate in Saint Petersburg (individual apartments) is 2 226 734 objects with a fairly complete (and well-structured) set of price-forming factors. The authors propose a method for estimating the most likely movement of the market value for a pre-selected real estate object that has passed

* Исследование поддержано грантом РФФИ № 20-01-00646.

cadastral registration and has a cadastral value entered in the register and predicting the market value in the future period.

Results. The theoretical significance of the work is the proposed algorithm for estimating the most probable trajectory of the market value of the investigated object, based on the conditional multivariate log-normal distribution for a given value of the cadastral value. A well-developed and studied ARIMA time series forecasting model is applied to the logarithms of the obtained time series, the return from logarithmic prices to real prices is carried out taking into account the peculiarities of the logarithmically normal distribution. Results are compared with median scores and estimates, obtained by average values.

Conclusion. The paper shows that the introduction of cadastral value in the Russian Federation opens up new opportunities for analyzing and forecasting market prices, since cadastral databases contain the most complete lists of real estate objects, including the cadastral value, which now, in accordance with the law, must be updated at least once every three years and, as of 2015 and 2018, was determined as the market value, therefore, until the next cadastral assessment, can serve as a basis for constant comparison with market data, which are constantly changing, primarily in the composition of objects.

Keywords: multidimensional logarithmically normal distribution law, cadastral value, market value, ARIMA model.

Введение

Актуальность выбранной темы. В прогнозировании рыночной стоимости объектов недвижимости заинтересованы владельцы различных форм собственности, строительные и девелоперские компании, страховые компании, банки, профессиональные участники рынка недвижимости, такие как организаторы торгов, риэлторы. В периодической печати, на интернет-ресурсах представлено большое количество рыночной информации, ориентированной в основном на рекламу объектов, а не на аналитические исследования. По этой причине рыночные базы данных являются плохо структурированными, имеющими разные виды и очередность полей у различных владельцев информационных ресурсов, часто не позволяющие точно идентифицировать объект недвижимости без консультаций с риэлтором. Важной особенностью рыночных данных является тот факт, что в информационных ресурсах, с течением времени, происходит полная замена объектов. Отследить, таким образом, смену рыночной стоимости по конкретному объекту невозможно. В таких условиях, естественно, не остается ничего иного, как отслеживать средние значения, модальные значения или какие-либо специально сконструированные индексы.

В РФ в 2015 году впервые в кадастровые базы введена кадастровая стоимость, определенная, в соответствии, с [1],

[2] как рыночная. В 2018 году кадастровые стоимости пересмотрены, но в большинстве регионов, в том числе в Санкт-Петербурге, как следует из отчета [3], кадастровая стоимость определялась тоже как рыночная. Таким образом, в РФ на две даты уже зафиксированы рыночные стоимости для всех объектов недвижимости, прошедших кадастровый учет. (В настоящей статье не учитываются возможные ошибки при определении кадастровой стоимости, их много в абсолютном выражении, но относительно немного в процентном выражении, они оказывают незначительное влияние на сформировавшиеся эмпирические распределения кадастровых стоимостей).

Как правило, формирующиеся на рынке недвижимости распределения цен хорошо моделируются логарифмически нормальным распределением.

Изученность проблемы. На формирование логнормального распределения цен на рынке недвижимости указывали еще в 1963 году британские исследователи [4], однако это наблюдение не получило своевременной поддержки в оценочной среде. Подтверждающие исследования проведены группой японских и американских исследователей [5], российских ученых [6]. Модель линейной регрессии для логарифмов цен рассмотрена в работе современных исследователей [7].

Вывод о формировании логарифмически нормальной генеральной совокупности на рынке недвижимости немедленно

следует из знаменитой работы [8], однако это тоже осталось в стороне от внимания оценочного сообщества. Более того, в работе британских сорвейеров [9], подход, предложенный в упомянутой статье, назван «весьма трудным» из-за слишком сложного математического аппарата. В настоящее время сложность математического аппарата скорее является проблемой программистов, а не оценщиков. Формирование того или иного вида распределения обусловлено особенностями изучаемого процесса. В частности, процесс последовательного сравнения цен (и не только цен, но и любых других экономических показателей), приводит к формированию логарифмически нормальной совокупности. Доказательство дано в [10]. В то же время нам не удалось найти работ, в которых инструментом исследования было бы сравнение кадастровых цен с рыночными. Представляется, что рынок недвижимости РФ (в отличие от стран с давно устоявшейся практикой учета цен сделок как основы для установления кадастровой стоимости) имеет новую, ранее не доступную возможность постоянного мониторинга рыночных цен через регулярный пересмотр кадастровой стоимости как рыночной – в РФ такая работа была проведена одновременно по всем объектам в течении одного года.

Целью нашего исследования является:

– построение метода построения наиболее вероятной траек-

тории рыночной стоимости для любого объекта недвижимости, прошедшего кадастровый учет, в том числе для таких объектов, которых никогда не было в рыночных листингах, на основе изучения совместных распределений кадастровой стоимости и рыночных данных,

– прогнозирование движения рыночной стоимости в будущем периоде.

Задачи исследования:

– вывести формулу многомерной условной моды распределения рыночных цен при условии заданного значения кадастровой стоимости;

– построить метод на основе хорошо известной модели ARIMA, позволяющий построить прогноз рыночной стоимости для любого объекта, даже для такого, который никогда не встречался в рыночных листингах.

Объектом исследования являются данные кадастрового учета жилой недвижимости (отдельные квартиры) в Санкт-Петербурге за 2018 год [3], объем данных 2 226 734 объекта, данные периодического издания по ценам предложений за период с 4 квартала 2012 года по 01.01.2018 года [11], объем данных 15 000–20 000 записей в одном еженедельном номере.

Предметом исследования являются рыночные цены (цены предложений) и кадастровые стоимости объектов жилой недвижимости.

Теоретической значимостью работы является предложенный авторами алгоритм оценки наиболее вероятной траектории рыночной стоимости при заданном значении кадастровой стоимости и прогноз поведения такой траектории в будущем периоде.

Практическая значимость. Предложенный авторами метод имеет практический характер и может быть применен в автоматических системах поддержки принятия решений оценочных компаний. Частично он уже применен в зареги-

стрированной программе для ЭВМ [12].

Условная наиболее вероятная траектория

Под условной наиболее вероятной траекторией рыночной стоимости мы будем понимать условную моду многомерного распределения рыночных цен в разные периоды времени, при условии, что кадастровая стоимость фиксирована. Не имеет значения, на какую дату определялась кадастровая стоимость. Важно лишь, что она зафиксирована у всех объектов на одну и ту же дату и занесена в реестр.

Пусть V_{KC} – кадастровая стоимость, $V(t_1), \dots, V(t_n)$ – рыночная цена на моменты времени t_1, \dots, t_n . Случайные величины $V_{KC}, V(t_1), \dots, V(t_n)$ предполагаются совместно логарифмически нормальными (в смысле совместного нормального распределения логарифмов).

Пусть $W = \ln(V_{KC}), Y_i = \ln(V(t_i)), i = 1, n$ (т.е. $V_{KC} = e^W, V(t_i) = e^{Y_i}$).

Рассмотрим многомерный нормальный случайный вектор (W, Y_1, \dots, Y_n) с вектором средних $(\mu_w, \mu_{y_1}, \dots, \mu_{y_n})$. Ковариационную матрицу запишем в блочном виде:

$$COV = \begin{pmatrix} \sigma_w^2 & cov(W, \vec{Y}) \\ cov(W, \vec{Y})^T & COV \end{pmatrix}, \quad (1)$$

где COV – ковариационная матрица случайного вектора $\vec{Y} = (Y_1, \dots, Y_n)$, под $cov(W, \vec{Y})$ будем понимать вектор $cov(W, \vec{Y}) = (\rho_{wy_1} \sigma_w \sigma_{y_1}, \dots, \rho_{wy_n} \sigma_w \sigma_{y_n})$, $\sigma_w^2, \sigma_{y_1}^2, \dots, \sigma_{y_n}^2$ – дисперсии случайных величин W, Y_1, \dots, Y_n , $\rho_{wy_1}, \dots, \rho_{wy_n}$ – соответствующие коэффициенты корреляции.

Условное математическое ожидание вектора $\vec{Y} = (Y_1, \dots, Y_n)$, при условии, что $W = w$

$$E(\vec{Y} | W = w) = \vec{\mu} + \frac{cov(W, \vec{Y})^T}{\sigma_w^2} (w - \mu_w), \quad (2)$$

где $\vec{\mu} = (\mu_{y_1}, \dots, \mu_{y_n})$ условная ковариационная матрица при условии, что $W = w$

$$COV(\vec{Y} | W = w) = COV - \frac{cov(W, \vec{Y})^T \times cov(W, \vec{Y})}{\sigma_w^2} \quad (3)$$

В соответствии с формулой Ф3-135 [13] под рыночной стоимостью понимается наиболее вероятная цена, по которой объект оценки может быть отчужден на открытом рынке в условиях совершенной конкуренции. В контексте такого понимания рыночной стоимости будем искать наиболее вероятное значение вектора $V(t_1), \dots, V(t_n)$, при условии, что кадастровая стоимость фиксирована $V_{KC} = v_{KC}$.

Нам понадобится следующее, вспомогательное утверждение.

Утверждение. Абсолютный максимум (мода) плотности случайного логарифмически нормального вектора \vec{x} достигается в точке с координатами $\exp(\vec{\mu} - \Sigma \times \vec{1})$, где $\vec{\mu}$ – вектор математических ожиданий логарифмов компонент, Σ – ковариационная матрица логарифмов компонент, $\vec{1}$ – вектор, состоящий из единиц. Доказательство представлено в статье [14].

Исходя из представленного утверждения, наиболее вероятная траектория рыночных цен во времени для каждого заданного значения кадастровой стоимости $V_{KC} = v_{KC}$ определяется по формуле:

$$MODE(V(t) | V_{KC} = v_{KC}) = \exp(E(\vec{Y} | W = w) - COV(\vec{Y} | W = w) \times \vec{1}), \quad (4)$$

где $\vec{1}$ – вектор, состоящий из единиц¹.

¹ Таким образом, экспонента берется от разницы между столбцом математических ожиданий логарифмов и построчными суммами ковариационной матрицы.

За рамками настоящей статьи остается важный вопрос о проверке статистической гипотезы о многомерной совместной нормальности логарифмов кадастровой стоимости и рыночных цен. До недавнего времени не существовало библиотечных функций для тестирования многомерной совместной нормальности. Представляется, что одной из первых работ на эту тему является тест, приведенный в [15], [16]. Он, к сожалению, не применим к нашим данным, т.к. при формировании парных выборок кадастровой стоимости и рыночных цен на фиксированную дату или рыночных цен на разные даты, объемы выборок все время меняются и получить многомерную выборку с одинаковой длиной компонент невозможно. Однако, в показанных ниже примерах все одномерные выборки кадастровых стоимостей или рыночных данных тестировались тестом Колмогорова–Смирнова на нормальность распределения логарифмов, по всем получены значения p-value больше критического значения 0,05. Проверялись также и парные выборки: кадастровая стоимость – рыночные цены, результаты тестов также удовлетворительные, тестирование проводилось тестом Колмогорова–Смирнова с поворотом координатных осей [17]. Наконец, между парными выборками на следующие друг за другом моменты времени наблюдается высокая корреляция. Известна следу-

ющая теорема: многомерный случайный вектор распределен нормально тогда и только тогда, когда нормально распределена любая линейная комбинация его компонент. Если между компонентами (векторами рыночных цен) есть линейная зависимость (высокие коэффициенты корреляции), все маргинальные распределения нормальны, все парные распределения кадастровой стоимости и рыночных цен совместно нормальны, то и любая линейная комбинация компонент нормальна. В целом вопрос о совместной нормальности логарифмов кадастровой стоимости и рыночных цен за большое количество периодов, безусловно, является предметом отдельного исследования и отдельной статьи. Настоящая статья посвящена только методу оценки наиболее вероятной траектории рыночной стоимости и её прогнозированию при условии, что выполняется совместная нормальность логарифмов.

Пример 1. Расчет наиболее вероятной траектории рыночных стоимостей для периода 5 лет поквартально (21 момент времени)

Исследованы рыночные данные за период с 4 квартала 2012 по 4 квартал 2017 года по Приморскому району г. Санкт-Петербурга. Указанный район выбран как самый большой район города по численности населения (более 573 024 человек), представленный, в основном, зданиями позднего

советского и постсоветского периода. В связи с тем, что рынок недвижимости отличается консервативной реакцией на внешние изменения на рынке (до 6 месяцев) для исследования были выбраны номера Бюллетеня недвижимости с № 1531 (3 квартал 2012 года) по № 1810 (4 квартал 2017 года) с шагом в один квартал. Рассматривалась многомерная случайная величина $(V_{KC}, V(t_1), \dots, V(t_n))$, где V_{KC} – кадастровая стоимость (в тыс. руб. за 1 кв. м.), $V(t_1), \dots, V(t_n)$ – рыночные цены 1 кв. м. в тыс. руб. по Приморскому району г. Санкт-Петербурга, на моменты времени t_1, \dots, t_n нумерация по порядковому номеру квартала, начиная от даты первого наблюдения (4 квартал 2012 года). Надо определить по заданному значению кадастровой стоимости наиболее вероятную траекторию движения рыночной цены 1 кв. м. и дать прогноз на следующие 10 периодов (2,5 года). Значения $V_{KC}, V(t_1), \dots, V(t_n)$ были прологарифмированы и для них были получены вектор средних, вектор стандартных отклонений, и условная ковариационная матрица

$$COV(\vec{Y} | W = w) = COV - \frac{cov(W, \vec{Y})^T \times cov(W, \vec{Y})}{\sigma_w^2}$$

Таблица 1

Вектор средних значений логарифмов переменных $V_{KC}, V(t_1), \dots, V(t_n)$ и вектор их стандартных отклонений

	КС 2018	4кв. 2012	1 кв. 2013	2кв. 2013	3кв. 2013	4кв. 2013	1 кв. 2014	2кв. 2014	3кв. 2014	4кв. 2014	1кв. 2015
Средние	4,630	4,489	4,495	4,499	4,517	4,532	4,551	4,584	4,587	4,620	4,631
Ст. откл.	0,120	0,167	0,167	0,171	0,184	0,178	0,173	0,186	0,181	0,185	0,193

Продолжение

	2кв. 2015	3кв. 2015	4кв. 2015	1кв. 2016	2кв. 2016	3кв. 2016	4кв. 2016	1 кв. 2017	2кв. 2017	3кв. 2017	4кв. 2017
Средние	4,656	4,652	4,618	4,660	4,620	4,626	4,618	4,610	4,630	4,641	4,639
Ст. откл.	0,170	0,179	0,192	0,189	0,181	0,181	0,134	0,179	0,187	0,181	0,182

Условная ковариационная матрица (формула (3)).

	4 кв. 2012	1 кв. 2013	2 кв. 2013	3 кв. 2013	4 кв. 2013	1 кв. 2014	2 кв. 2014	3 кв. 2014	4 кв. 2014	1 кв. 2015
4 кв.2012	0,0202	0,0042	0,0021	0,0037	0,0063	0,0047	0,0009	0,0039	0,0039	0,0012
1 кв.2013	0,0042	0,0199	0,0014	0,0035	0,0094	0,0063	0,0019	0,0056	0,0028	- 0,0008
2 кв.2013	0,0021	0,0014	0,0168	0,0103	0,0102	0,0068	0,0013	0,0047	0,0033	0,0005
3 кв.2013	0,0037	0,0035	0,0103	0,0228	0,0135	0,0089	0,0060	0,0081	0,0064	0,0020
4 кв.2013	0,0063	0,0094	0,0102	0,0135	0,0278	0,0151	0,0122	0,0119	0,0115	0,0104
1 кв.2014	0,0047	0,0063	0,0068	0,0089	0,0151	0,0220	0,0112	0,0108	0,0105	0,0075
2 кв.2014	0,0009	0,0019	0,0013	0,0060	0,0122	0,0112	0,0177	0,0080	0,0061	0,0046
3 кв.2014	0,0039	0,0056	0,0047	0,0081	0,0119	0,0108	0,0080	0,0227	0,0081	0,0078
4 кв.2014	0,0039	0,0028	0,0033	0,0064	0,0115	0,0105	0,0061	0,0081	0,0225	0,0057
1 кв.2015	0,0012	- 0,0008	0,0005	0,0020	0,0104	0,0075	0,0046	0,0078	0,0057	0,0180
2 кв.2015	0,0003	0,0007	0,0017	0,0031	0,0105	0,0095	0,0061	0,0077	0,0054	0,0062
3 кв.2015	0,0015	0,0013	0,0024	0,0046	0,0109	0,0087	0,0070	0,0042	0,0049	0,0043
4 кв.2015	- 0,0002	0,0022	0,0012	0,0035	0,0114	0,0072	0,0017	0,0042	0,0048	0,0012
1 кв.2016	0,0021	0,0055	0,0067	0,0065	0,0118	0,0111	0,0095	0,0065	0,0090	0,0076
2 кв.2016	0,0032	0,0036	0,0083	0,0091	0,0134	0,0132	0,0106	0,0089	0,0127	0,0114
3 кв.2016	- 0,0039	- 0,0005	- 0,0016	0,0000	0,0056	0,0030	- 0,0028	- 0,0005	- 0,0004	- 0,0008
4 кв.2016	0,0001	0,0018	0,0028	0,0026	0,0075	0,0073	0,0068	0,0060	0,0073	0,0043
1 кв.2017	- 0,0043	- 0,0051	- 0,0051	- 0,0004	0,0031	0,0003	- 0,0039	- 0,0064	- 0,0055	- 0,0080
2 кв.2017	0,0023	0,0032	0,0024	0,0081	0,0086	0,0081	0,0036	0,0059	0,0024	0,0014
3 кв.2017	0,0017	0,0027	0,0023	0,0057	0,0101	0,0063	0,0037	0,0059	0,0075	0,0024
4 кв.2017	0,0030	0,0050	0,0035	- 0,0004	0,0091	0,0088	0,0040	0,0037	0,0028	0,0007

продолжение

	2 кв. 2015	3 кв. 2015	4 кв. 2015	1 кв. 2016	2 кв. 2016	3 кв. 2016	4 кв. 2016	1 кв. 2017	2 кв. 2017	3 кв. 2017	4 кв. 2017
4 кв.2012	0,0003	0,0015	- 0,0002	0,0021	0,0032	- 0,0039	0,0001	- 0,0043	0,0023	0,0017	0,0030
1 кв.2013	0,0007	0,0013	0,0022	0,0055	0,0036	- 0,0005	0,0018	- 0,0051	0,0032	0,0027	0,0050
2 кв.2013	0,0017	0,0024	0,0012	0,0067	0,0083	- 0,0016	0,0028	- 0,0051	0,0024	0,0023	0,0035
3 кв.2013	0,0031	0,0046	0,0035	0,0065	0,0091	0,0000	0,0026	- 0,0004	0,0081	0,0057	- 0,0004
4 кв.2013	0,0105	0,0109	0,0114	0,0118	0,0134	0,0056	0,0075	0,0031	0,0086	0,0101	0,0091
1 кв.2014	0,0095	0,0087	0,0072	0,0111	0,0132	0,0030	0,0073	0,0003	0,0081	0,0063	0,0088
2 кв.2014	0,0061	0,0070	0,0017	0,0095	0,0106	- 0,0028	0,0068	- 0,0039	0,0036	0,0037	0,0040
3 кв.2014	0,0077	0,0042	0,0042	0,0065	0,0089	- 0,0005	0,0060	- 0,0064	0,0059	0,0059	0,0037
4 кв.2014	0,0054	0,0049	0,0048	0,0090	0,0127	- 0,0004	0,0073	- 0,0055	0,0024	0,0075	0,0028
1 кв.2015	0,0062	0,0043	0,0012	0,0076	0,0114	- 0,0008	0,0043	- 0,0080	0,0014	0,0024	0,0007
2 кв.2015	0,0226	0,0102	0,0015	0,0091	0,0121	0,0001	0,0067	- 0,0042	0,0027	0,0023	0,0028
3 кв.2015	0,0102	0,0267	0,0135	0,0112	0,0140	0,0051	0,0086	0,0042	0,0036	0,0038	0,0042
4 кв.2015	0,0015	0,0135	0,0227	0,0087	0,0141	0,0027	0,0076	0,0029	0,0038	0,0014	0,0053
1 кв.2016	0,0091	0,0112	0,0087	0,0283	0,0184	0,0076	0,0105	0,0058	0,0087	- 0,0013	0,0042
2 кв.2016	0,0121	0,0140	0,0141	0,0184	0,0283	0,0116	0,0133	0,0118	0,0112	0,0118	0,0078
3 кв.2016	0,0001	0,0051	0,0027	0,0076	0,0116	0,0133	0,0097	0,0011	0,0024	- 0,0012	- 0,0021
4 кв.2016	0,0067	0,0086	0,0076	0,0105	0,0133	0,0097	0,0140	0,0082	0,0089	0,0059	0,0040
1 кв.2017	- 0,0042	0,0042	0,0029	0,0058	0,0118	0,0011	0,0082	0,0123	0,0048	- 0,0064	0,0047
2 кв.2017	0,0027	0,0036	0,0038	0,0087	0,0112	0,0024	0,0089	0,0048	0,0236	0,0131	0,0114
3 кв.2017	0,0023	0,0038	0,0014	- 0,0013	0,0118	- 0,0012	0,0059	- 0,0064	0,0131	0,0182	0,0078
4 кв.2017	0,0028	0,0042	0,0053	0,0042	0,0078	- 0,0021	0,0040	0,0047	0,0114	0,0078	0,0194

ключевого поля посредством объединения полей с адресом и общей площадью объекта.

Условная ковариационная матрица при фиксированном значении $W = w(V_{KC} = \nu_{KC})$ получена по формуле (3).

При каждом фиксированном значении $V_{KC} = \nu_{KC}$ последовательное применение формул (1)–(4) дает наиболее вероятную траекторию движения во времени рыночной цены 1 кв. м. жилой недви-

мости в Приморском районе г. Санкт-Петербурга. Такие временные ряды могут быть использованы для построения прогноза движения рыночной цены 1 кв. м. в будущем периоде.

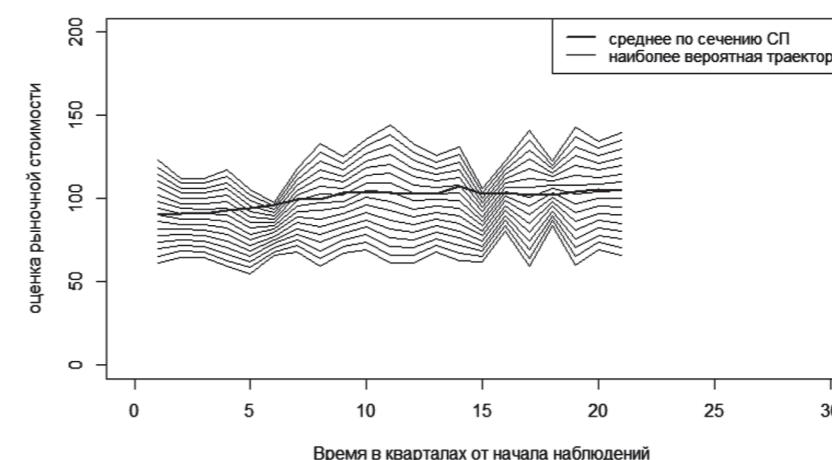


Рис. 1. Наиболее вероятные траектории для разных значений кадастровой стоимости, установленной в 2018 году. От 70 тыс. руб. / кв. м. до 150 тыс. руб. / кв. м. шаг 5 тыс. руб. / кв. м.

На рис. 1 показаны наиболее вероятные линии движения рыночной стоимости 1 кв. м. в сравнении с общепринятыми оценками (средние значения по рыночным данным) для кадастровых стоимостей от 70 тыс. руб. за 1 кв. м. до 150 тыс. руб. за 1 кв. м. с шагом в 5 тыс. руб. (снизу вверх). Полученные временные ряды показывают, что в период 2013–2017 гг. в изучаемом сегменте наблюдалось как однонаправленное движение рынка, например, общий рост во 2 квартале 2016 года (15 квартал от начала наблюдений), так и разнонаправленное движение, например, в 4 квартале 2016 года (17 квартал от начала наблюдений) рыночная стоимость недорогих объектов снизилась, дорогих – повысилась, в 1 квартале 2017 года (18 квартал от начала наблюдений) рыночная стоимость недорогих объектов повысилась, дорогих – снизилась. Следует отметить, что полученные временные ряды, особенно, для минимальных и максимальных значений кадастровой стоимости не выглядят как стационарные.

Для прогнозирования получаемых временных рядов использовалась модель ARIMA (autoregressive integrated moving average). Значения временных

рядов логарифмировались. Для логарифмированных временных рядов стационарными становятся вторые разности. Выбор параметров модели ARIMA проводился использованием библиотечной функции статистического пакета Rautogram, сравнением значений информационного критерия Акаике (AIC), Байесовского информационного критерия (BIC), и значений среднеквадратической ошибки модели RSME. По всем временным рядам такой выбор predetermined использовал модель ARIMA (1,2,1). Рассмотрим случай, когда объект оценки имеет кадастровую

стоимость 70 тыс. руб. за 1 кв. м. На рис. 2 представлен результат работы библиотечной функции статистического пакета RArima, с параметрами (1,2,1) для логарифмов наиболее вероятных цен.

На рис. 3 представлен результат преобразования прогноза для логарифмов в прогноз по ценам, с учетом того, что в условиях модели логарифмически нормального распределения, каждое сечение прогноза в ценах следует рассматривать как логарифмически нормальное (или нормальное в логарифмах). Это означает, что если прогноз для логарифмов на фиксированный момент времени распределен нормально со средним μ и стандартным отклонением σ , то при построении прогноза в ценах, следует учитывать, что для цен наиболее вероятное значение (мода) равно $e^{\mu - \sigma^2}$, медианное – равно e^{μ} , значение, соответствующее оценке математического ожидания равно $e^{\mu + \frac{1}{2}\sigma^2}$.

Так как, практикующие оценщики часто используют средние арифметические, реже средние геометрические значения, то на рисунке показаны прогнозы по медианным и средним значениям. Но

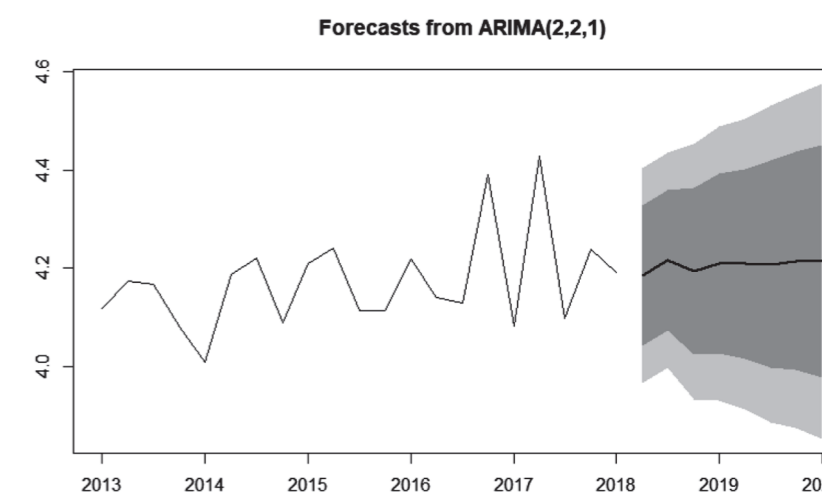


Рис. 2. Временной ряд, составленный для наиболее вероятной траектории логарифмов цен за период с 4 квартала 2012 г. по 4 квартал 2017 года, в Приморском районе Санкт-Петербурга и прогноз до 2020 года

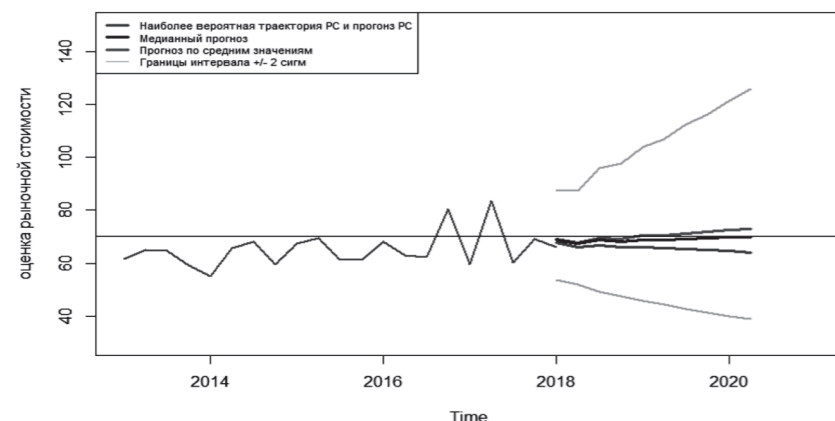


Рис. 3. Временной ряд, составленный для наиболее вероятной траектории цен за период с 4 квартала 2012 г. по 4 квартал 2017 года, в Приморском районе Санкт-Петербурга и прогноз до 2020 года, для объектов с кадастровой стоимостью 70 тыс. руб. за 1 кв. м.

Модальные, медианные и средние оценки рыночной стоимости для Приморского района Санкт-Петербурга в 3 квартале 2020 года для объектов с кадастровой стоимостью 70, 100, 150 тыс. руб. за 1 кв. м.

Таблица 3

Кадастровая стоимость (тыс. руб. за 1 кв. м.)	Наиболее вероятное значение – РС (тыс. руб. за 1 кв. м.)	Медианное значение (тыс. руб. за 1 кв. м.)	Среднее значение (тыс. руб. за 1 кв. м.)
70	64,089	69,912	73,02
100	97,302	100,884	102,724
150	134,847	154,847	165,933

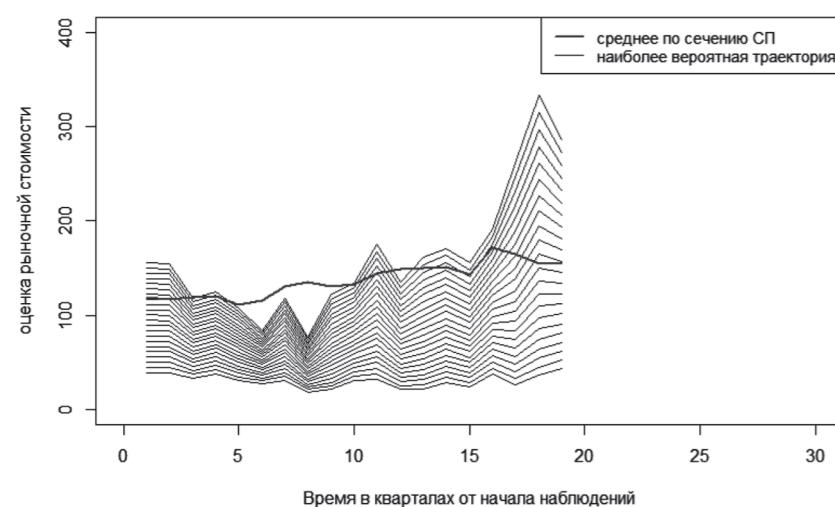


Рис. 4. Наиболее вероятные траектории для разных значений кадастровой стоимости, установленной в 2018 году. От 60 тыс. руб. / кв. м. до 280 тыс. руб. / кв. м. шаг 10 тыс. руб. / кв.м.

наиболее вероятные значения, отвечающие концепции рыночной стоимости, заложены в зарубежные стандарты и в Ф3-135 соответствуют модальному прогнозу. Откуда видно, что следует ожидать снижение рыночной стоимости таких объектов в

2020 году. В таблице 3 представлены модальные, медианные и средние прогнозные оценки рыночной стоимости для Приморского района Санкт-Петербурга в 3 квартале 2020 года для объектов с кадастровой стоимостью 70, 100, 150 тыс. руб. за 1 кв. м.

Пример 2

Исследованы рыночные данные за период с 4 квартала 2012 по 2 квартал 2017 года по Петроградскому району г. Санкт-Петербурга. Петроградский район г. Санкт-Петербурга выбран как самый дорогой район города. 3, 4 квартал 2017 года не включены в исследование, прежде всего потому, что в рыночных данных этих периодов присутствует чрезмерно высокая доля дорогой недвижимости, что, по-видимому, отражает изменившуюся структуру района, некоторого застоя на рынке старой недвижимости и повышенного предложения на рынке нового дорогого жилья. Надо определить по заданному значению кадастровой стоимости наиболее вероятную траекторию движения рыночной цены 1 кв. м. и дать прогноз на следующие периоды. Аналогично, значения $V_{КС}, V(t_1), \dots, V(t_n)$ были прологарифмированы и для них были получены вектор средних, вектор стандартных отклонений, и условная ковариационная матрица.

На рис. 4 показаны наиболее вероятные линии движения рыночной стоимости 1 кв. м. в сравнении с общепринятыми оценками (средние значения по рыночным данным) для кадастровых стоимостей от 60 тыс. руб. за 1 кв. м. до 280 тыс. руб. за 1 кв. м. с шагом в 10 тыс. руб. (снизу вверх) для Петроградского района. Аналогично Приморскому району в период 2013–2017 гг. наблюдается как однонаправленное движение рынка, так и разнонаправленное движение. Все полученные временные ряды для Петроградского района не выглядят как стационарные.

Для логарифмированных временных рядов стационарными также становятся вторые разности. Выбор параметров модели ARIMA, проведенный с использованием библиотечной функции `auto.arima`, информационного критерия Акаике

Forecasts from ARIMA(1,2,1)

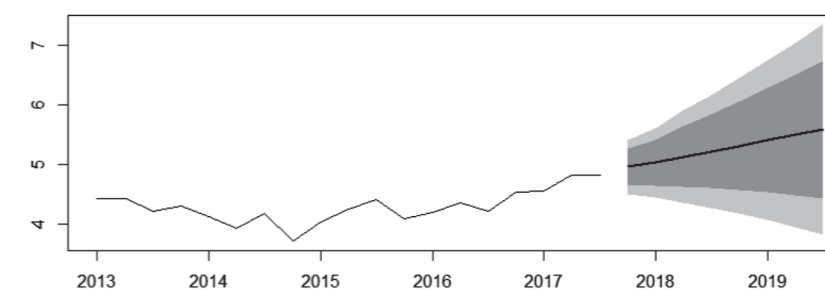


Рис. 5. Временной ряд, составленный для наиболее вероятной траектории логарифмов цен за период с 4 квартала 2012 г. по 4 квартал 2017 года, в Петроградском районе Санкт-Петербурга и прогноз до 3 квартала 2019 года.

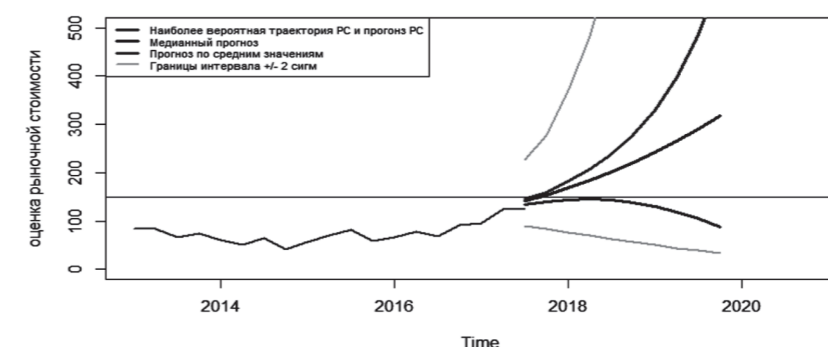


Рис. 6. Временной ряд, составленный для наиболее вероятной траектории цен за период с 4 квартала 2012 г. по 4 квартал 2017 г., в Петроградском районе Санкт-Петербурга и прогноз до 2020 г., для объектов с кадастровой стоимостью 150 тыс. руб. за 1 кв. м.

(AIC), Байесовского информационного критерия (BIC), значений среднеквадратической ошибки модели RSMетакже предопределил использование модели ARIMA (1,2,1). Рассмотрим случай, когда объект оценки имеет кадастровую стоимость 150 тыс. руб. за 1 кв. м. На рис. 5 представлен результат работы библиотечной функции статистического пакета R `ARIMA`, с параметрами (1,2,1) для логарифмов наиболее вероятных цен.

На рис. 6 представлен результат преобразования прогноза для логарифмов в прогноз по ценам, с учетом

особенностей модели совместного логарифмически нормального распределения.

Не представляются реалистичными прогнозы по медианным значениям или по математическим ожиданиям. Временные ряды, полученные для Петроградского района, отличаются высокой волатильностью, модель ARIMA (1,2,1) не имеет «длинной» памяти, ошибки прогноза быстро нарастают. Однако, участники рынка ориентируются на средние значения, значит склонны надеяться на повышение. Но при увеличивающейся волатильности может оказать-

ся, что средние и медианные оценочные значения растут, а модальные сначала растут, а потом падают, как и показано на рис. 6. Подобный эффект, возможно, указывает на формирующийся на рынке ценовой «пузырь». Возможно, в этом районе города следует ожидать коррекции рынка вниз. В то же время видно, что предсказанная модальная оценка рыночной стоимости в начале 2018 года, практически соответствует кадастровой стоимости, которая определялась как рыночная на дату 01.01.2018 г. Дальнейшая коррекция рыночной стоимости для объектов с фиксированной кадастровой стоимостью 150 тыс. руб. за 1 кв. м. ожидается в сторону снижения (аналогичные результаты получены и для других значений кадастровой стоимости в Петроградском районе).

В табл. 4 представлены модальные прогнозные оценки рыночной стоимости для объектов Петроградского района Санкт-Петербурга до 4 квартала 2019 года с кадастровой стоимостью 150 тыс. руб. за 1 кв. м.

Очевидно, что точность прогноза, построенного по модели ARIMA (1,2,1) с течением времени падает, но подобное поведение прогноза (рост, а затем падение) может указывать на формирующийся на данном секторе рынка ценовой «пузырь». В этом районе города на текущий момент времени он может объясняться повышенным предложением новых объектов, проектирование и строительство которых началось намного раньше и предусматривало создание объектов класса «бизнес» и «элиты»

Таблица 4

Модальные оценки рыночной стоимости для объектов в Петроградском районе Санкт-Петербурга с 3 квартала 2017 года по 4 квартал 2019 года с кадастровой стоимостью 150 тыс. руб. за 1 кв. м.

3 кв. 2017 г.	4 кв. 2017 г.	1 кв. 2018 г.	2 кв. 2018 г.	3 кв. 2018 г.	4 кв. 2018 г.	1 кв. 2019 г.	2 кв. 2019 г.	3 кв. 2019 г.	4 кв. 2019 г.
133,990	139,364	143,953	145,403	143,730	138,553	129,893	118,127	103,910	88,181

(типы домов, существующие в кадастровой базе данных). Т.е. продавцы рассчитывают на высокие цены продаж, в то время как платежеспособный спрос снизился.

Заключение

С введением в кадастровые базы кадастровой стоимости, определенной как рыночная на дату оценки по всему массиву объектов недвижимости одновременно, в РФ создана уникальная возможность мониторинга и прогнозирования рыночной стоимости для лю-

бого объекта недвижимости, прошедшего кадастровый учет, даже если такой объект ни разу не выставлялся в рыночных листингах. Основной сложностью при обработке рыночных данных и сопоставлении их с данными кадастровых баз является неструктурированность рыночных данных и отсутствие в них уникального идентификатора – кадастрового номера. Следовало бы ввести кадастровый номер в рыночные листинги как обязательный атрибут любого объявления о продаже/покупки, найме/сдаче в аренду объектов недвижимости. Это позволило

бы создавать более быстрые машинные алгоритмы для анализа рынка недвижимости в системах поддержки принятия решений в оценочных компаниях, страховых компаниях, банках и других компаниях, нуждающихся в анализе и прогнозировании рынка недвижимости. Отдельного внимания и исследований заслуживает вопрос о возможности предвидения образования цен «пузырей» на основе прогнозирования наиболее вероятных траекторий рыночных стоимостей как условных модальных значений многомерных распределений.

Литература

1. О государственной кадастровой оценке: Федеральный закон от 3 июля 2016 года № 237-ФЗ [Электрон. ресурс]. Режим доступа: <https://base.garant.ru/71433956/>.
2. Об утверждении Федерального стандарта оценки «Определение кадастровой стоимости (ФСО № 4)»: приказ Министерства экономического развития Российской Федерации от 22 октября 2010 года № 508 [Электрон. ресурс]. Режим доступа: <https://base.garant.ru/14152457/>.
3. Отчет об определении кадастровой стоимости объектов недвижимости на территории Санкт-Петербурга № 1/2018 [Электрон. ресурс]. СПб.: Санкт-Петербургское государственное бюджетное учреждение «Городское управление кадастровой оценки», 2018. Режим доступа: <http://www.ko.spb.ru/interim-reports/>.
4. Aitchinson J., Brown J.A.C. The Lognormal distribution with special references to its uses in economics. Cambridge: At the University Press, 1963.
5. Ohnishi T., Mizuno T., Shimizu C., Watanabe T. On the Evolution of the House Price Distribution // Columbia Business School. Center of Japanese Economy and Business, Working Paper Series. 2011. № 296.
6. Никулина Т.И., Пономарева О.А., Пупенцова С.В. Логарифмически нормальное распределение на объекты жилой недвижимости элитного и эконом класса // Неделя науки СПбПУ материалы научного форума с международным участием. Ответственные редакторы: О.В.Калинина, С.В.Широкова. СПб.: Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого. Инженерно-экономический институт. 2015. С. 435–437.
7. Saita Yumi, Shimizu Chihiro, Watanabe Tsutomu. Aging and Real Estate Prices: Evidence from Japanese and US Regional Data [Электрон. ресурс] // Tokyo Center for Economic Research

(TCER) 2013. № E-68. Режим доступа: <https://ssrn.com/abstract=2374594>.

8. Black F., Scholes M. The pricing of options and corporative liabilities. Journal of Political Economy. 1973. № 81(3). С. 637–54.
9. Сейс С., Смит С., Купер Р., Венмор-Роланд П. Оценка недвижимого имущества: от стоимости к ценности. М.: Общероссийская общественная организация «Российское общество оценщиков», 2009. 504 с.
10. Rusakov O.V., Laskin M.B., Jaksumbaeva O.I. Pricing in the real estate market as astochastic limit. Log normal approximation // International Journal of Mathematical Models and Methods in Applied Sciences. 2016. Т. 10. С. 229–236.
11. Бюллетень недвижимости Санкт-Петербурга 2012, 2013, 2014, 2015, 2016, 2017 гг. № 1531–1810.
12. Логинов В.Е., Ласкин М.Б., Нажиганова Д.А., Козин П.П. Программа для ЭВМ по примерной оценке кадастровой стоимости жилых помещений. Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ № RU2020613886, дата регистрации 23.03.2020 г., Бюллетень ФИПС № 4. 23.03.2020 г.
13. Федеральный закон "Об оценочной деятельности в Российской Федерации" от 29.07.1998 № 135-ФЗ [Электрон. ресурс]. Режим доступа: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_19586/.
14. Бухарин Н.А., Ласкин М.Б., Пупенцова С.В. Определение отраслевых показателей финансового анализа предприятий (на примере отрасли по добыче сырой нефти и природного газа) // Статистика и Экономика. 2020. № 17(3). С. 13–24.
15. Korkmaz S., Goksuluk D., Zararsiz G. MVN: An R package for assessing multivariate normality // The R Journal. 2014. Т. 6. №. 2. С. 151–162.
16. Korkmaz S., Goksuluk D., Zararsiz G. MVN: An R package for assessing multivariate normality // Trakya University, Faculty of Medicine, Department

of Biostatistics, Edirne, TURKEY. MVN version 5.7 (Последняя версия 2019-03-18).

17. Русаков О.В., Ласкин М.Б., Джаксумбаева О.И. Оценка показателей рынка недви-

References

1. O gosudarstvennoy kadaastrovoy otsenke: Federal'nyy zakon ot 3 iyulya 2016 goda № 237-FZ = On the state cadastral assessment: Federal Law of July 3, 2016 No. 237-FZ [Internet]. Available from: <https://base.garant.ru/71433956/>. (In Russ.)
2. Ob utverzhdenii Federal'nogo standarta otsenki "Opredeleniye kadaastrovoy stoimosti (FSO № 4)": prikaz Ministerstva ekonomicheskogo razvitiya Rossiyskoy Federatsii ot 22 oktyabrya 2010 goda № 508 = On the approval of the Federal valuation standard "Determination of the cadastral value (FSO No. 4)": order of the Ministry of Economic Development of the Russian Federation dated October 22, 2010 No. 508 [Internet]. Available from: <https://base.garant.ru/14152457/>. (In Russ.)
3. Report on the determination of the cadastral value of real estate in the territory of St. Petersburg No. 1/2018 [Internet]. Saint Petersburg Sankt-Peterburgskoye gosudarstvennoye byudzhethnoye uchrezhdeniye «Gorodskoye upravleniye kadaastrovoy otsenki» = St. Petersburg: St. Petersburg State Budgetary Institution "City Administration of Cadastral Valuation"; 2018. Available from: <http://www.ko.spb.ru/interim-reports/>. (In Russ.)
4. Aitchinson J., Brown J.A.C. The Lognormal distribution with special references to its uses in economics. Cambridge: At the University Press; 1963.
5. Ohnishi T., Mizuno T., Shimizu C., Watanabe T. On the Evolution of the House Price Distribution. Columbia Business School. Center of Japanese Economy and Business, Working Paper Series. 2011; 296.
6. Nikulina T.I., Ponomareva O.A., Pupentsova S.V. Logarithmically normal distribution for elite and economy class residential real estate. Nedelya nauki SPbPU materialy nauchnogo foruma s mezhdunarodnym uchastiyem. Otvetstvennyye redaktory: O.V.Kalinina, S.V.Shirokova = Science Week SPbPU materials of the scientific forum with international participation. Responsible ed.: O.V. Kalinina, S.V. Shirokova. Saint Petersburg: Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University. Engineering and Economics Institute. 2015: 435-437. (In Russ.)
7. Saita Yumi, Shimizu Chihiro, Watanabe Tsutomu. Aging and Real Estate Prices: Evidence from Japanese and US Regional Data [Internet]. Tokyo Center for Economic Research (TCER) 2013; E-68. Available from: <https://ssrn.com/abstract=2374594>.
8. Black F., Scholes M. The pricing of options and corporative liabilities. Journal of Political Economy. 1973; 81(3): 637-54.
9. Seys S., Smit S., Kuper R., Venmor-Rouland P. Otsenka nedvizhimogo imushchestva: ot stoimosti k tsennosti = Appraisal of real estate: from value to value. Moscow: All-Russian public organization "Russian Society of Appraisers"; 2009. 504 p. (In Russ.)
10. Rusakov O.V., Laskin M.B., Jaksumbaeva O.I. Pricing in the real estate market as astochastic limit. Log normal approximation. International Journal of Mathematical Models and Methods in Applied Sciences. 2016; 10: 229-236.
11. Byulleten' nedvizhimosti Sankt-Peterburga 2012, 2013, 2014, 2015, 2016, 2017 g.g. = Bulletin of St. Petersburg Real Estate 2012, 2013, 2014, 2015, 2016, 2017 No. 1531-1810. (In Russ.)
12. Loginov V.Ye., Laskin M.B., Nazhiganova D.A., Kozin P.P. Programma dlya EVM po primernoy otsenke kadaastrovoy stoimosti zhilykh pomeshcheniy. Svidetel'stvo o gosudarstvennoy registratsii programmy dlya EVM No. RU2020613886, data registratsii 23.03.2020 g., Byulleten' FIPS No. 4. 23.03.2020 g = Computer program for an approximate estimate of the cadastral value of residential premises. Certificate of state registration of a computer program No. RU2020613886, registration date 03/23/2020, FIPS Bulletin No. 4. 03/23/2020. (In Russ.)
13. Federal'nyy zakon "Ob otsenochnoy deyatel'nosti v Rossiyskoy Federatsii" ot 29.07.1998 No. 135-FZ = Federal law "On appraisal activities in the Russian Federation" dated July 29, 1998 No. 135-FZ [Internet]. Available from: http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_19586/. (In Russ.)
14. Bukharin N.A., Laskin M.B., Pupentsova S.V. Determination of industry indicators of financial analysis of enterprises (on the example of the industry for the extraction of crude oil and natural gas). Statistika i Ekonomika = Statistics and Economics. 2020; 17(3): 13-24. (In Russ.)
15. Korkmaz S., Goksuluk D., Zararsiz G. MVN: An R package for assessing multivariate normality. The R Journal. 2014; 6; 2: 151-162.
16. Korkmaz S., Goksuluk D., Zararsiz G. MVN: An R package for assessing multivariate normality. Trakya University, Faculty of Medicine, Department of Biostatistics, Edirne, TURKEY. MVN version 5.7 (Latest version 2019-03-18).
17. Rusakov O.V., Laskin M.B., Dzhaksumbayeva O.I. Assessment of real estate market indicators based on statistical data based on a multidimensional logarithmically normal law. Ekonomicheskij zhurnal Vysshey shkoly ekonomiki = Economic Journal of the Higher School of Economics. 2016; 2: 268-284. (In Russ.)

Сведения об авторах

Михаил Борисович Ласкин

К.ф.-м.н., старший научный сотрудник,
доцент

Санкт-Петербургский институт информатики
и автоматизации Российской академии наук,
Санкт-Петербург, Россия

Эл. почта: laskinmb@yahoo.com

Полина Андреевна Черкесова

Студентка магистратуры, кафедра

Информационных систем в экономике, Санкт-
Петербургский государственный университет,
Санкт-Петербург, Россия

Эл. почта: polinacherkes@gmail.com

Information about the authors

Mikhail B. Laskin

Cand. Sci. (Phys. – Math.), Senior Researcher,
Associate Professor

St. Petersburg Institute for Informatics and
Automation of the Russian Academy of Sciences,
Saint Petersburg, Russia

E-mail: laskinmb@yahoo.com

Polina A. Cherkesova

Master's degree student,

Department of Information Systems in Economics,
Saint Petersburg State University,
Saint Petersburg, Russia

E-mail: polinacherkes@gmail.com

УДК 332.1

DOI: <http://dx.doi.org/10.21686/2500-3925-2020-4-55-70>

Рязанский государственный радиотехнический университет им. В.Ф. Уткина
(РГРТУ), Рязань, Россия

С.В. Авилкина

Статистический анализ уровней цифровых компетенций преподавателей *

Цель исследования. Исследование качественных параметров кадрового потенциала экономики необходимо для описания условий, в которых развиваются процессы цифровизации, выявления проблем подготовки специалистов. Система профессионального образования рассматривается в статье как институт, обеспечивающий человеческими ресурсами цифровую экономику региона. Инновационные процессы повышают требования не только к системе подготовки специалистов, но и к навыкам преподавателя, его индивидуальному уровню освоения информационно-коммуникационных технологий.

Целью данного исследования является диагностика уровней цифровых компетенций преподавателей профессиональных образовательных учреждений и выявление на основе статистического анализа влияния на уровень цифровых компетенций педагога различных параметров, таких как возраст преподавателя; дисциплины, которые он преподаёт; данности прохождения повышения квалификации в области информационно-коммуникационных технологий.

Материалы и методы. В данной работе проведен обзор подходов к решению проблем кадрового обеспечения образования в условиях информатизации. С учетом предложенной модели цифровых компетенций преподавателей, осуществлена апробация тестирующего комплекса. Применены методы статистического анализа данных: рассчитаны описательные статистики, коэффициенты корреляции, построены диаграмма размаха и диаграммы рассеяния результатов тестирования преподавателей. Для обработки информации качественные показатели преобразованы в количественные и использованы пакеты при-

кладных программ статистического анализа: Microsoft Excel и STATISTICA 10.0.

Результаты. В результате проведенного тестирования преподавателей профессиональных образовательных учреждений и статистического анализа получены данные об уровне человеческих ресурсов в аспекте сформированности знаний и умений в сфере информационно-компьютерных технологий. Выявлены зависимости между уровнем владения цифровыми компетенциями и различными факторами. Факторы, которые анализировались в ходе исследования: возраст, преподаваемые дисциплины, срок давности повышения квалификации в области информационно-коммуникационных технологий.

Заключение. Внедрение предложенной модели компетенций и методики диагностики позволит диагностировать у педагогов уровень навыков работы в цифровой среде и обеспечит принятие обоснованных управленческих решений в сфере развития кадрового потенциала системы профессионального образования как на уровне образовательной организации, так и на уровне органов государственного управления образованием.

Данная модель может быть использована для получения информации о сформированности цифровых компетенций разных групп: работников организаций и предприятий, государственных и муниципальных служащих.

Ключевые слова: цифровая экономика, система профессионального образования, методика диагностики цифровых компетенций, статистический анализ результатов диагностики.

Svetlana V. Avilkina

Ryazan State Radio Engineering University (RGRTU), Ryazan, Russia

Statistical analysis of lecturers' digital competence levels

Purpose of the study. The study of the qualitative parameters of the human resources potential of the economy is necessary to describe the conditions in which digitalization processes develop, to identify the problems of training specialists. The professional education system is considered in the article as an institution that provides human resources to the digital economy of the region. Innovative processes increase the requirements not only for the system of training specialists, but also for the skills of the lecturer, individual level of mastering information and communication technologies.

The purpose of this study is to diagnose the levels of digital competencies of lecturers of professional educational institutions and to identify, on the basis of statistical analysis, the impact on the level of digital competencies of a lecturer of various parameters, such as the lecturer's age; the disciplines he/her teaches; the data of continuing education in the field of information and communication technologies.

Materials and methods. This paper provides an overview of approaches to solving the problems of staffing education in the context of informatization. Taking into account the proposed model

of digital competencies of lecturers, the testing complex was approved. Methods of statistical data analysis were applied: descriptive statistics, correlation coefficients were calculated, a range diagram and scatter diagrams of lecturers' testing results were constructed. For the information processing, the qualitative indicators were converted into quantitative ones and the statistical analysis software packages were used: Microsoft Excel and STATISTICA 10.0.

Results. As a result of the lecturers' testing of professional educational institutions and statistical analysis, data were obtained on the level of human resources in terms of the formation of knowledge and skills in the field of information and computer technologies. The relationship between the level of digital competence and various factors has been identified. The factors that were analyzed in the course of the study: age, subjects taught, the period of limitation of the advanced training in the field of information and communication technologies.

Conclusion. The introduction of the proposed model of competencies and diagnostic methods will allow diagnosing lecturers' skills in working in a digital environment and will

* Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ и Правительства Рязанской области в рамках научного проекта № 18-410-620002.