

УДК 528.44

DOI: 10.18384/2310-7189-2018-1-51-65

РАЗРАБОТКА ПРОГНОЗНОЙ МОДЕЛИ СТОИМОСТИ ЗЕМЕЛЬ МОНОГОРОДОВ С УЧЕТОМ ЭКОНОМИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ГРАДООБРАЗУЮЩИХ ПРЕДПРИЯТИЙ (НА ПРИМЕРЕ МУРМАНСКОЙ ОБЛАСТИ)

Ковязин В.Ф., Лепихина О.Ю., Зимин В.Л.

Санкт-Петербургский горный университет

199026, Санкт-Петербург, 21-я линия Васильевского острова, д. 2,

Российская Федерация

Аннотация. Ценообразование на рынке недвижимости зависит от разнообразных факторов, но степень и характер их влияния во многом обусловлены местными особенностями. Объектом нашего исследования выбраны земельные участки моногородов Мурманской области, уникальных наличием градообразующих предприятий, деятельность которых существенно влияет на рыночную и кадастровую оценку недвижимости. Наличие такой связи позволяет прогнозировать цену недвижимости в зависимости от изменения показателей работы градообразующего производства. Эта цель достижима при построении и обосновании прогнозной модели, отражающей зависимость стоимости земель от экономических факторов. При расчете связи между оценкой земельных участков и выборкой значимых показателей обосновано преимущество нейросетевой модели, как обладающей лучшими прогнозными свойствами по сравнению с регрессионными моделями.

Ключевые слова: моногород, градообразующее предприятие, рынок недвижимости, регрессионный анализ, нейронная сеть, Мурманская область.

DEVELOPMENT OF PREDICTIVE MODELS OF LAND VALUE OF SINGLE-INDUSTRY TOWNS WITH ALLOWANCE FOR THE FACTORS OF ACTIVITY OF CITY-FORMING ENTERPRISES (ON THE EXAMPLE OF THE MURMANSK REGION)

Kovjazin V. F., Lepikhina O. Y., Zimin V. P.

Saint-Petersburg Mining University

21-liniya Vasil'evskogo ostrova 2, 199026 Saint Petersburg, Russia

Abstract. The real estate market and features of real estate price formation depend on a large number of economical, social, political, natural, demographic and other factors. In each separately taken settlement, the degree of influence of each group of factors is different, which is largely determined by the features of the city. The object of the present research is the land plots of Murmansk region monotowns with their city-forming enterprises whose economic activity has a significant effect on the price formation of the real estate, its market and cadastral

value. The specified influence allows the price of the real estate to be predicted, depending on a change in indicators of the city-forming branch. The purpose of the paper is to construct and justify predictive models reflecting the dependence of Murmansk region monotowns land prices on economic factors of the city-forming branch. In evaluating the relationship between the assessment of land plots and the selection of significant indicators, the advantage of the neural network model is proved, as it has better predictive properties than regression models.

Key words: single-industry towns, city-forming enterprise, real estate market, regression analysis, neuron network, Murmansk region.

Рынок недвижимости – неотъемлемая составляющая современного города, оказывающая влияние на множество его сфер. Ценообразование на рынке недвижимости формируется под воздействием большого количества факторов. Часть таких факторов отражает происходящие в стране политические, экономические, социальные и иные процессы. Это факторы государственного масштаба, предопределяющие состояние и развитие рынка недвижимости в целом по стране. Однако при анализе и прогнозе ситуации на рынке недвижимости отдельно взятого города, необходимо учитывать, наряду с отмеченными общими факторами, его локальные особенности, уникальность, связанную, к примеру, с преобладанием в экономике какой-либо отрасли. Таковыми являются монопрофильные города. Монопрофильный город (моногород) – замкнутая система, обслуживающая градообразующую отрасль. Рынок недвижимости в моногородах имеет особенности, характерные исключительно для такого типа городских поселений [6; 7]. Оценка и прогноз стоимости недвижимости в этих населенных пунктах должны проводиться с учетом экономических факторов деятельности градообразующего предприятия.

Отмеченная тема была не раз затронута в научных публикациях. Так, подчеркивалась необходимость учета

уникальных особенностей земель при их оценке [3; 17; 18], важность анализа и прогноза перспективного состояния рынка недвижимости [13]. Также выходили труды, посвященные анализу методики определения стоимости земель [4; 14] и методов ее прогнозирования [9; 15; 16]. Однако среди многообразия существующей научной литературы по данной теме не обнаружено исследований зависимости ценообразования недвижимости в моногородах от экономических факторов деятельности градообразующих предприятий.

Это предопределило цель настоящего исследования, заключающуюся в анализе и прогнозе зависимости стоимости недвижимости (земельных участков) в моногородах от экономических факторов градообразующей отрасли на основе построения различного вида моделей и выявления наилучшей среди них. Итоговую модель следует использовать для решения вопросов, касающихся управления земельно-имущественным комплексом, а также задач, связанных с планированием деятельности градообразующих предприятий.

Методы исследования

Нами исследована зависимость рыночной стоимости земель моногородов от ряда общих показателей, а также факторов экономической деятельности градообразующей отрасли.

В дальнейшем наиболее значимые показатели были использованы для построения прогнозной модели (табл. 1).

Общие показатели могут быть применимы ко всем населенным пунктам вне зависимости от их типа. В качестве таких показателей выбраны следующие: *численность населения, удаленность города от центра субъекта, индекс загрязнения атмосферы в городе, суммарный показатель загрязнения почвы в городе.*

Экономические факторы градообразующей отрасли целесообразно представить в виде совокупности основных показателей градообразующего предприятия: *количество рабочих мест, чистая прибыль, мощность производства, средняя заработная плата, производительность труда, прибыль на одного человека.*

В качестве объектов исследования выбрана группа монопрофильных городов, расположенных в Мурманской области: Кировск, Мончегорск, Оленегорск, Ковдор, Никель, пгт. Ревда. Приведенные населенные пункты схожи между собой по таким важнейшим показателям, как численность населения, удаленность от регионального центра, уровень социально-экономического

развития, класс опасности предприятия. Однородность населенных пунктов установлена согласно классификации моногородов Северо-Западного федерального округа [8], по которой вышеупомянутые отнесены к группе «города с наиболее сложным социально-экономическим положением либо рисками его развития с опасным производством».

Моделирование осуществлялось на примере земель, предназначенных для размещения индивидуальной жилой застройки (далее – ИЖС). Для целей построения моделей кадастровой стоимости земель моногородов выбраны методы регрессионного и нейросетевого моделирования. Выбор обусловлен в первую очередь тем, что данные методы позволяют строить многофакторные модели. К положительным сторонам регрессионного анализа можно отнести также наглядность и достаточно легкую интерпретируемость результатов. Хотя нейросетевые модели исключают возможность анализа полученной зависимости, они в то же время позволяют эффективно строить нелинейные функции, более точно описывающие исследуемые параметры [12].

Таблица 1

Перечень исследуемых показателей

Наименование группы показателя	Наименование показателя	Единицы измерения	Источник сбора данных
Общие показатели населенных пунктов	Численность населения	человек	Официальные сайты администраций населенных пунктов
	Удаленность моногорода от центра субъекта	км	
	Индекс загрязнения атмосферы в моногороде	-	Доклад о состоянии и об охране окружающей среды Мурманской области в 2014 году [5]
	Суммарный показатель загрязнения почвы в моногороде	-	

Окончание таблицы 1

Наименование группы показателя	Наименование показателя	Единицы измерения	Источник сбора данных
Показатели экономической деятельности градообразующих предприятий моногородов	Количество рабочих мест на градообразующем предприятии	человек	Комплексные инвестиционные планы развития моногородов [10]
	Чистая прибыль градообразующего предприятия	млн. руб.	
	Мощность производства градообразующего предприятия	млн. т	
	Средняя заработная плата на градообразующем предприятии	руб.	
	Производительность труда на градообразующем предприятии	тыс. т в год/ человек	
	Прибыль на одного чел на градообразующем предприятии	тыс. руб./ человек	
Показатель рынка недвижимости населенных пунктов	Средняя по моногороду рыночная стоимость земель под ИЖС	руб.	Данные Росреестра

После формирования выборки значений указанных показателей был проведен анализ, устанавливающий корреляционную связь между ними и средней по моногороду рыночной стоимостью 1 кв м земель, предназначенных под ИЖС. При этом значимыми приняты показатели с коэффициентом корреляции более 0,3¹. Далее выявленные показатели исследовались на мультиколлинеарность.

Известно, что в случае возникновения сильной связи между факторами (когда коэффициент парной кор-

реляции превышает 0,7), один из них исключается из дальнейшего анализа [11]. В итоге определились показатели для построения моделей. В процессе работы над моделями их качество контролировалось по критерию Фишера, также при формировании зависимости учитывался параметр «Р-значение». В случае, если для каких-либо из факторов величина «Р-значение» превышала 0,05, такие показатели исключались из модели и рассматривались как незначимые [1]. Таким образом, на этом этапе построены следующие регрессионные модели: линейная регрессия, регрессия второго порядка, регрессия третьего порядка, логарифмическая регрессия.

¹ См.: Приказ Роснедвижимости от 29.06.2007 г. № П/0152 (ред. от 14.08.2008 г.) «Об утверждении Технических рекомендаций по государственной кадастровой оценке земель населенных пунктов».

Построение нейросетевых моделей зависимости стоимости 1 кв.м. земель (Y) от исследуемых показателей (X) осуществлялось с использованием программного продукта STATISTIKA 10.0 [2]. Первоначально задавались значения постоянных переменных (X) и зависимой переменной (Y). После этого производилось обучение заданного количества нейронных сетей с различной архитектурой. В итоге получены нейронные сети, отличающиеся друг от друга по своим параметрам и, соответственно, значениям предсказанной величины стоимости земель (Y). После ввода значений исследуемых показателей в алгоритм программного продукта обученная нейронная сеть определяет прогнозную величину кадастровой стоимости земель.

Далее нами осуществлялось сравнение построенных моделей по следующим показателям [1]:

сумме квадратов регрессионных остатков (при этом наименьшее его значение соответствует зависимости, наилучшим образом объясняющей исследуемую величину);

коэффициенту детерминации, который для регрессионных моделей определен из отчетов регрессии, а для нейросетевых моделей с использованием прогнозных и фактических значений стоимости городских земель (параметр показывает долю вариации зависимого параметра, обусловленную влиянием на него факторов, учитываемых при построении модели, и чем ближе значение этого показателя к единице, тем выше качество модели);

средней относительной погрешности (чем ниже данный показатель,

тем лучше модель описывает выборку исходных данных, а качество модели считается хорошим, если погрешность менее 5–6%, и удовлетворительным – если погрешность имеет значение от 5–6, до 12%).

В итоге зависимость, обладающая наилучшими показателями, должна быть принята за искомую прогнозную модель кадастровой стоимости городских земель по исследуемым показателям.

Результаты исследования

На начальном этапе исследования осуществлен сбор значений исследуемых показателей, а также значений средней по моногороду стоимости 1 м² земель, предназначенных под ИЖС за период с 2006 по 2014 гг. для выбранной группы монопрофильных городов. Общий объем выборки составляет 29 объектов, ниже (табл. 2), представлена часть (фрагмент) этой выборки.

Проведенный корреляционный анализ позволил выявить показатели, в наибольшей степени связанные со стоимостью земель моногородов (в скобках приведено значение коэффициента значимости):

- численность населения (0,74);
- мощность производства градообразующего предприятия (0,74);
- количество рабочих мест на градообразующем предприятии (0,69);
- чистая прибыль градообразующего предприятия (0,49);
- средняя заработная плата на градообразующем предприятии (0,46);
- удаленность моногорода от центра субъекта (0,38);
- производительность труда на градообразующем предприятии (0,31).

Таблица 2

Значения исследуемых показателей

	г. Кировск				Моногород				Показатель рынка недвижимости населенных пунктов
	Год				Общие показатели населенных пунктов				
	2011	2012	2013	2014	X1	X2	X3	X4	
...	28590	28250	28074	27686	Численность населения, чел.				
...	210	210	210	210	Удаленность моногорода от центра субъекта, км				
...	0,96	0,84	0,76	0,70	Индекс загрязнения атмосферы в моногороде				
...	1,34	1,23	1,11	1,00	Суммарный показатель загрязнения почвы в моногороде				
...	11637	11348	8252	6403	Количество рабочих мест на градообразующем предприятии, чел.				
...	3220,94	5870,93	9802,09	2381,30	Чистая прибыль градообразующего предприятия, млн. руб.				
...	20,00	23,00	24,70	26,00	Мощность производства градообразующего предприятия, млн. тонн				
...	37800	40150	42578	45096	Средняя заработная плата на градообразующем предприятии, руб.				
...	1,72	2,03	2,99	4,06	Производительность труда на градообразующем предприятии, тыс. тонн в год/чел.				
...	276,78	517,35	1187,84	371,90	Прибыль на одного чел на градообразующем предприятии, тыс. руб./чел.				
...	415,20	420,50	436,90	448,70	Средняя рыночная стоимость 1 кв. м. земель под ИЖС в моногороде, руб.				У

Продолжение таблицы 2

	г. Мончегорск				Монгород				Показатель рынка недвижимости населенных пунктов
	2009	2010	2011	2012	Год				
...	48062	45361	45253	44643	X1	Численность населения, чел.			
...	115	115	115	115	X2	Удаленность моногорода от центра субъекта, км			
...	5,00	5,55	5,30	5,04	X3	Индекс загрязнения атмосферы в моногороде			
...	5,66	5,40	5,30	5,10	X4	Суммарный показатель загрязнения почвы в моногороде			
...	5080	5178	5211	5769	X5	Количество рабочих мест на градообразующем предприятии, чел.			
...	10226,09	8942,21	2423,32	2818,01	X6	Чистая прибыль градообразующего предприятия, млн. руб.			
...	7,90	8,30	8,10	7,50	X7	Мощность производства градообразующего предприятия, млн. тонн			
...	25706	28938	32628	36212	X8	Средняя заработная плата на градообразующем предприятии, руб.			
...	1,56	1,60	1,55	1,30	X9	Производительность труда на градообразующем предприятии, тыс. тонн в год/чел.			
...	2013,01	1726,96	465,04	488,47	X10	Прибыль на одного чел на градообразующем предприятии, тыс. руб./чел.			
...	340,50	368,78	413,95	440,58	Y	Средняя рыночная стоимость 1 кв. м. земель под ИЖС в моногороде, руб.			

Окончание таблицы 2

г. Оленегорск	Моногород				Общие показатели населенных пунктов	Показатели экономической деятельности градообразующих предприятий						Показатель рынка недвижимости населенных пунктов		
	Год					X1	X2	X3	X4	X5	X6		X7	X8
2010	2011	2012	2013	Численность населения, чел.	Удаленность моногорода от центра субъекта, км							Индекс загрязнения атмосферы в моногороде		
23072	22986	22405	21736	21736	110	1,69	5,70	2200	1281,00	4,70	52760	2,14	582,27	342,60
110	110	110	110	110	1,85	2,71	2300	2696,00	4,60	44429	2,00	1172,17	321,40	
2,00	1,98	1,85	1,69	1,69	2,80	2,71	2154	4826,00	4,40	39800	2,04	2240,48	301,68	
2,81	2,80	2,71	5,70	5,70	2065	2065	2065	2883,00	4,30	35252	2,08	1396,13	292,58	

Далее полученные значимые факторы были проверены на наличие мульти-коллинеарности (табл. 3).

Таблица 3

**Результаты анализа наиболее значимых показателей
на мультиколлинеарность***

Показатель	Численность населения	Удаленность моногорода от центра субъекта	Количество рабочих мест на градообразующем предприятии	Чистая прибыль градообразующего предприятия	Мощность производства градообразующего предприятия	Средняя заработная плата на градообразующем предприятии	Производительность труда на градообразующем предприятии	
	X1	X2	X5	X6	X7	X8	X9	
Численность населения	X1	-	0,00	0,56	0,71	0,45	0,22	0,19
Удаленность моногорода от центра субъекта	X2	0,00	-	0,77	0,17	0,69	-0,11	-0,01
Количество рабочих мест на градообразующем предприятии	X5	0,56	0,77	-	0,54	0,77	0,12	0,11
Чистая прибыль градообразующего предприятия	X6	0,71	0,17	0,54	-	0,52	0,18	0,30
Мощность производства градообразующего предприятия	X7	0,45	0,69	0,77	0,52	-	0,44	0,57
Средняя заработная плата на градообразующем предприятии	X8	0,22	-0,11	0,12	0,18	0,44	-	0,76
Производительность труда на градообразующем предприятии	X9	0,19	-0,01	0,11	0,30	0,57	0,76	-

* Исключенные из дальнейшего анализа показатели выделены курсивом, значения коэффициентов парной корреляции, превышающие допустимое значение отмечены заливкой серого цвета

Таким образом, были выявлены четыре показателя, по которым далее строились прогнозные модели их влияния на среднюю по моногороду рыночную стоимость 1 м² земель, предназначенных под ИЖС (Y): численность населения (X₁); удаленность моногорода от центра субъекта (X₂); мощность производства градообразующего предприятия (X₅); средняя заработная плата на градообразующем предприятии (X₈).

По результатам сформированной линейной регрессии было выявлено, что зависимость является пригодной к использованию по критерию Фишера, но фактор «мощность производства градообразующего предприятия» незначим, так как «Р-значение» для него превышает 0,05. Следовательно, такую зависимость нецелесообразно принимать за прогнозную модель, поэтому осуществлялся второй этап построения модели, на котором ис-

ключались незначимые факторы. В результате была получена зависимость (1), удовлетворительная по критериям качества и пригодная для проведения дальнейших исследований:

$$Y = 106,05 + 0,629X_2 + 0,002X_8 \quad (1)$$

Аналогичным образом осуществлялось формирование нелинейных моделей. Полученные зависимости имеют вид:

$$Y = 206,82 + 5,87 \cdot 10^{-8} X_1^2 + 0,002 X_2^2 + 4,1 \cdot 10^{-8} X_8^2 \quad (2);$$

$$Y = 242,106 + 1,25 \cdot 10^{-12} X_1^3 + 1,04 \cdot 10^{-5} X_2^3 + 7,95 \cdot 10^{-13} X_8^3 \quad (3);$$

$$Y = -2437,9 + 101,53 \ln(X_1) + 109,9 \ln(X_2) - 13,95 \ln(X_7) + 120,32 \ln(X_8) \quad (4).$$

Альтернативно велось создание нейронных сетей. По исследуемой выборке объектов обучено 20 нейронных сетей, обладающих различными параметрами (табл. 4).

Таблица 4

Результаты формирования нейросетевых моделей

N	Архитектура	Производительность обуч.	Контр. Производительность.	Тест. Производительность.	Ошибка обучения	Контрольная ошибка	Тестовая ошибка	Алгоритм обучения	Функция ошибки	Ф-я актив, скрытых нейр.	Ф-я актив, выходных нейр.
1	MLP 4-3-1	0,99291	0,92593	0,99433	30,46120	214,60990	38,42240	BFGS 159	Сум. квадрат.	Экспонента	Экспонента
2	MLP 4-3-1	0,99870	0,99529	0,98821	5,57390	21,31040	15,73880	BFGS215	Сум. квадрат.	Экспонента	Гиперболическая
3	MLP 4-7-1	0,99854	0,99390	0,95094	6,29050	26,04660	96,32090	BFGS 96	Сум. квадрат.	Гиперболическая	Экспонента
4	MLP 44-1	0,93572	0,90644	0,80698	272,06160	210,06990	243,25830	BFGS8	Сум. квадрат.	Тожественная	Экспонента
5	MLP 4-5-1	0,91591	0,87175	0,83062	352,52990	291,02630	307,90280	BFGS 9	Сум. квадрат.	Тожественная	Тожественная
6	MLP 4-6-1	0,99709	0,99723	0,98951	12,45550	14,96400	27,15890	BFGS 66	Сум. квадрат.	Гиперболическая	Экспонента
7	MLP 4-7-1	0,99839	0,99915	0,98752	6,99660	8,10310	17,06490	BFGS 117	Сум. квадрат.	Экспонента	Логистическая
8	MLP 4-3-1	0,99667	0,98199	0,95577	14,62320	39,77920	75,14070	BFGS 66	Сум. квадрат.	Гиперболическая	Экспонента
9	MLP 4-3-1	0,99684	0,99915	0,99061	13,63010	128,14190	15,92430	BFGS 99	Сум. квадрат.	Экспонента	Гиперболическая
10	MLP 4-10-1	0,99820	0,98882	0,98023	7,83260	31,15760	39,47790	BFGS 107	Сум. квадрат.	Логистическая	Логистическая
11	MLP 4-5-1	0,99683	0,99211	0,96087	13,60920	32,95330	54,89190	BFGS 45	Сум. квадрат.	Гиперболическая	Логистическая
12	MLP 44-1	0,99867	0,99688	0,98560	5,72680	24,88830	19,97850	BFGS 240	Сум. квадрат.	Экспонента	Гиперболическая
13	MLP 4-5-1	0,92652	0,88026	0,89570	306,08490	239,69310	276,59910	BFGS 7	Сум. квадрат.	Тожественная	Логистическая
14	MLP 4-9-1	0,99843	0,98791	0,99294	6,78430	36,55530	15,44110	BFGS 92	Сум. квадрат.	Логистическая	Тожественная
15	MLP 4-3-1	0,99747	0,98948	0,99203	10,85720	67,19430	13,27470	BFGS 98	Сум. квадрат.	Логистическая	Гиперболическая
16	MLP 4-9-1	0,99879	0,99319	0,99692	5,20100	22,93110	4,01880	BFGS 122	Сум. квадрат.	Гиперболическая	Тожественная
17	MLP 4-9-1	0,99820	0,99845	0,99868	7,88290	13,21150	16,06710	BFGS 111	Сум. квадрат.	Экспонента	Логистическая
18	MLP 44-1	0,89767	0,83536	0,86118	421,66490	364,03730	289,24200	BFGS 8	Сум. квадрат.	Тожественная	Гиперболическая
19	MLP 4-9-1	0,95777	0,92125	0,87627	197,95330	202,43730	249,19660	BFGS 9	Сум. квадрат.	Тожественная	Экспонента
20	MLP 4-3-1	0,99701	0,99192	0,98926	12,91250	55,54380	17,92200	BFGS 74	Сум. квадрат.	Логистическая	Логистическая

По всем нейронным сетям формировались выборки предсказанных значений стоимости городских земель, с использованием которых полученные модели были проанализированы по

ранее отмеченным показателям качества.

В результате анализа выявлена нейронная сеть, обладающая наилучшими параметрами (табл. 5).

Таблица 5

Параметры нейросетевой модели наилучшего качества

№	Архитектура	Производительность обуч.	Контр. Производительность.	Тест. Производительность.	Ошибка обучения	Контрольная ошибка	Тестовая ошибка	Алгоритм обучения	Функция ошибки	Ф-я актив, скрытых нейр.	Ф-я актив, выходных нейр.
16	MLP 4-9-1	0,99879	0,99319	0,99692	5,20100	22,93110	4,01880	BFGS 122	Сум. квадрат.	Гиперболическая	Тожественная

В заключение было осуществлено сравнение итоговой нейронной сети с полученными ранее регрессионны-

ми моделями по критериям качества (табл. 6).

Таблица 6

Значения показателей качества прогнозных моделей

Критерии качества	Линейная регрессия	Регрессия второго порядка	Регрессия третьего порядка	Логарифмическая регрессия	Нейросетевая модель
Сумма квадратов регрессионных остатков	18858,15	15871,19	16832,85	18155,07	434,07
Средняя относительная погрешность	5,83	4,97	4,98	5,61	0,85
Коэффициент детерминации	0,82	0,85	0,84	0,83	0,99

По результатам анализа значений критериев видно, что наилучшим качеством обладает нейронная сеть. Так, сумма квадратов регрессионных остатков для данной модели в 36,5 раз ниже, чем, к примеру, у регрессии второго порядка, а коэффициент детерминации выше на 14%.

Выводы

В ходе исследования было установлено, что на кадастровую стоимость земель моногородов, наряду с общими для всех типов городов факторами, оказывают влияние экономические факторы деятельности градообразующих предприятий. Это подтверждает проведенный корреляционный анализ между показателями факторов и средними рыночными стоимостями земель. В наибольшей степени значимыми оказались следующие показатели: численность населения в моногороде, удаленность моногорода от центра субъекта, мощность производства градообразующего предприятия, средняя заработная плата на градообразующем предприятии.

С учетом отмеченных показателей градообразующих предприятий нами

построено пять прогнозных моделей кадастровой стоимости земель моногородов. Для каждой модели определены такие показатели качества, как сумма квадратов регрессионных остатков, средняя относительная погрешность, коэффициент детерминации. Установлено, что для целей прогнозирования кадастровой стоимости земель моногородов по исследуемым показателям целесообразно использовать нейросетевую модель, так как она обладает лучшими показателями качества.

Ввиду того, что кадастровая стоимость устанавливается на основе рынка недвижимости оцениваемого объекта и тесно связана с ним, то полученная нейросетевая модель может применяться для прогнозирования как рыночной, так и кадастровой стоимости земель моногородов. В связи с высокими темпами изменения показателей экономической деятельности градообразующих предприятий, установленная при исследованиях зависимость определяет краткосрочный прогноз (до 5 лет) рынка недвижимости моногородов. Также следует отметить, что по предложенной авторами методике можно построить аналогичную

прогнозную модель кадастровой стоимости земель монопрофильных городов других регионов Северо-Западного федерального округа Российской Федерации.

Статья поступила в редакцию 08.12.2017 г.

ЛИТЕРАТУРА

1. Айвазян С.А., Мхитарян В.С. Прикладная статистика в задачах и упражнениях: учебник для вузов. М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2001. 270 с.
2. Буреева Н.Н. Многомерный статистический анализ с использованием ППП «STATISTICA»: учебно-методический материал по программе повышения квалификации «Применение программных средств в научных исследованиях и преподавании математики и механики». Нижний Новгород: ННГУ, 2007. 112 с.
3. Ванданимаева О.М. Оценка стоимости земельных участков. М.: Московская финансово-промышленная академия, 2005. 119 с.
4. Грибовский С.В, Сивец С.А. Математические методы оценки стоимости недвижимого имущества: учебное пособие. М.: Финансы и кредит, 2008. 368 с.
5. Доклад о состоянии и об охране окружающей среды Мурманской области в 2014 году. Мурманск: Министерство природных ресурсов и экологии Мурманской области, 2015. 177 с.
6. Иваньковский С.Л., Былинская А.А., Иваньковская Н.А. Моногорода в народном хозяйстве страны: развитие, проблемы, перспективы // Вестник Нижегородского университета им. Н.И. Лобачевского. 2011. № 5–2. С. 91–97.
7. Каючкина М.А. Моногород: риск снижения поступлений доходов в бюджет // Экономические науки. 2010. № 11. С. 221–225.
8. Ковязин В.Ф., Лепихина О.Ю., Зимин В.П. Группировка земель монопрофильных городов при их кадастровой оценке // Известия высших учебных заведений. Поволжский регион. «Естественные науки». 2016. № 4. С. 97–108.
9. Комаров С.И. Прогнозирование в системе управления земельно-имущественным комплексом // Имущественные отношения в Российской Федерации. 2010. № 5. С. 84–100.
10. Комплексные инвестиционные планы развития моногородов // Министерство экономического развития Мурманской области [официальный сайт]. URL: http://minec.gov-murman.ru/activities/devel_city/sub06/sub04/ (дата обращения: 14.01.2018).
11. Методика расчета кадастровой стоимости объектов оценки на основе статистического моделирования // Экономические науки. 2009. № 12. С. 352–358.
12. Рубаков С.В. Современные методы анализа данных // Наука. Инновации. Образование. 2008. Вып. 7. С. 165–176.
13. Рубинштейн Е.Д. Осипенко Н.С. Анализ рынка недвижимости и его прогнозирование // Теория и практика общественного развития. 2015. № 12. С. 140–143.
14. Сивец С.А. Статистические методы в оценке недвижимости и бизнеса: учебно-практическое пособие для оценщиков. Запорожье: Просвита, 2001. 320 с.
15. Стерник Г.М., Стерник С.Г., Свиридов А.В. Методология прогнозирования российского рынка недвижимости. Часть 3: Эволюция методов прогнозирования рынка жилья // Механизация строительства. 2014. № 2. С. 61–64.
16. Тихонов Э.Е. Методы прогнозирования в условиях рынка: учебное пособие. Невинномысск: Северо-Кавказский гос. тех. ун-т, 2006. 221 с.
17. Baumane V. Cadastral Valuation Models // Economic Science for Rural Development: proceedings of international scientific conference. 2010. no. 22. pp. 68–75.

18. Baumane V. Evaluation of Indicators of Cadastral Assessment // 4th International Conference Civil Engineering '13. Proceedings: Part I «Land Management and Geodesy». Jelgava, 2013. pp. 299-304.

REFERENCES

1. Aivazyan S.A., Mkhitaryan V.S. Prikladnaya statistika v zadachakh i uprazhneniyakh: uchebnyk dlya vuzov [Applied statistics in problems and exercises: a textbook for high schools]. Moscow, YUNITI-DANA Publ., 2001. 270 p.
2. Bureeva N.N. Mnogomernyyi statisticheskiy analiz s ispol'zovaniem PPP "STATISTICA": uchebno-metodicheskiy material po programme povysheniya kvalifikatsii "Primenenie programmykh sredstv v nauchnykh issledovaniyakh i prepodavanii matematiki i mekhaniki" [Multivariate statistical analysis using the SPT STATISTICA: educational material for training program on "Application of software in scientific research and teaching of mathematics and mechanics"]. Nizhny Novgorod, NNGU Publ., 2007. 112 p.
3. Vandanimaeva O.M. Otsenka stoimosti zemel'nykh uchastkov [Assessment of the price of land plots]. Moscow, Moskovskaya finansovo-promyshlennaya akademiya Publ., 2005. 119 p.
4. Gribovskii S.V., Sivets S.A. Matematicheskie metody otsenki stoimosti nedvizhimogo imushchestva: uchebnoe posobie [Mathematical methods for assessing the value of a real estate: textbook]. Moscow, Finansy i kredit Publ., 2008. 368 p.
5. Doklad o sostoyanii i ob okhrane okruzhayushchei sredy Murmanskoi oblasti v 2014 godu [A report on the status and protection of the environment in Murmansk region in 2014]. Murmansk, Ministerstvo prirodnnykh resursov i ekologii Murmanskoi oblasti Publ., 2015. 177 p.
6. Ivan'kovskii S.L., Bylinskaya A.A., Ivan'kovskaya N.A. Monogoroda v narodnom khozyaystve strany: razvitiye, problemy, perspektivy [Single-industry towns in the national economy: development, problems, prospects]. In: Vestnik Nizhegorodskogo universiteta im. N.I. Lobachevskogo [Bulletin of N.I. Lobachevsky Nizhny Novgorod University], 2011, no. 5-2, pp. 91-97.
7. Kayuchkina M.A. Monogorod: risk snizheniya postuplenii dokhodov v byudzhnet [A monotown: the risk of reduction of revenues to the budget]. In: Ekonomicheskie nauki [Economic Sciences], 2010, no. 11, pp. 221-225.
8. Kovyazin V.F., Lepikhina O.YU., Zimin V.P. Gruppyrovka zemel' monoprofil'nykh gorodov pri ikh kadastrovoi otsenke [The grouping of the lands of single-profile cities with their cadastral evaluation]. In: Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedenii. Povolzhskii region. "Estestvennye nauki" [Izv. Vyssh. Ucheb. Zaved. The Volga region. "Natural Sciences"], 2016, no. 4, pp. 97-108.
9. Komarov S.I. Prognozirovaniye v sisteme upravleniya zemel'no-imushchestvennym kompleksom [Forecasting in the management system of land and property complex]. In: Imushchestvennye otnosheniya v Rossiiskoi Federatsii [Property relations in the Russian Federation], 2010, no. 5, pp. 84-100.
10. Kompleksnyye investitsionnyye plany razvitiya monogorodov [Comprehensive investment development plans of monotowns]. The Ministry of economic development of Murmansk region [official website]. – URL: http://minec.gov-murman.ru/activities/devel_city/sub06/sub04/ (request date 14.01.2018)
11. Metodika rascheta kadastrvoy stoimosti ob'ektov otsenki na osnove statisticheskogo modelirovaniya [The method of calculation of cadastral cost of objects of evaluation based on statistical modeling]. In: Ekonomicheskie nauki [Economic Sciences], 2009, no. 12, pp. 352-358.

12. Rubakov S.V. Sovremennye metody analiza dannykh [Modern methods of data analysis]. In: Nauka. Innovatsii. Obrazovanie [Science. Innovations. Education], 2008, no. 7, pp. 165-176.
13. Rubinshtein E.D., Osipenko N.S. Analiz rynka nedvizhimosti i ego prognozirovanie [The real estate market analysis and forecasting]. In: Teoriya i praktika obshchestvennogo razvitiya [Theory and practice of social development], 2015, no. 12, pp. 140-143.
14. Sivets S.A. Statisticheskie metody v otsenke nedvizhimosti i biznesa: uchebno-prakticheskoe posobie dlya otsenshchikov [Statistical methods in the evaluation of real estate and business: a training manual for appraisers]. Zaporozhye, Prosvita Publ., 2001. 320 p.
15. Sternik G.M., Sternik S.G., Sviridov A.V. Metodologiya prognozirovaniya rossiiskogo rynka nedvizhimosti. Chast' 3: Evolyutsiya metodov prognozirovaniya rynka zhil'ya [The methodology of forecasting of Russian real estate market. Part 3: Evolution of methods of forecasting of the housing market]. In: Mekhanizatsiya stroitel'stva [Mechanization of construction], 2014, no. 2, pp. 61-64.
16. Tikhonov E.E. Metody prognozirovaniya v usloviyakh rynka: uchebnoe posobie [Methods of forecasting in conditions of the market: a tutorial]. Nevinnomyssk, Severo-Kavkazskii gos. tekhn. un-t Publ., 2006. 221 p.
17. Baumane V. Cadastral Valuation Models. In: Economic Science for Rural Development: proceedings of international scientific conference. 2010. no. 22. pp. 68-75.
18. Baumane V. Evaluation of Indicators of Cadastral Assessment. In: 4th International Conference Civil Engineering' 13. Proceedings: Part I «Land Management and Geodesy». Jelgava, 2013. pp. 299-304.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Ковязин Василий Федорович – доктор биологических наук, профессор кафедры инженерной геодезии Санкт-Петербургского горного университета;
e-mail: vfkedr@mail.ru

Лепихина Ольга Юрьевна – кандидат технических наук, доцент кафедры инженерной геодезии Санкт-Петербургского горного университета;
e-mail: Olgalepikhina1984@gmail.com

Зимин Виктор Павлович – аспирант кафедры инженерной геодезии Санкт-Петербургского горного университета;
e-mail: vic-zim@yandex.ru

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

Vasily F. Kovjazin – doctor of biological sciences, professor at the Department of Engineering Geodesy of the Construction Faculty, Saint-Petersburg Mining University,
E-mail: vfkedr@mail.ru

Olga Y. Lepikhina – PhD in technical sciences, associate professor at the Department of Engineering Geodesy of the Construction Faculty, Saint-Petersburg Mining University,
E-mail: Olgalepikhina1984@gmail.com

Viktor P. Zimin – postgraduate student at the Department of Engineering Geodesy of the Construction Faculty, Saint-Petersburg Mining University
E-mail: vic-zim@yandex.ru

ПРАВИЛЬНАЯ ССЫЛКА НА СТАТЬЮ

Ковязин В.Ф., Лепихина О.Ю., Зимин В.П. Разработка прогнозной модели стоимости земель моногородов с учетом экономических факторов деятельности градообразующих предприятий (на примере Мурманской области) // Вестник Московского государственного областного университета. Серия: Естественные науки. 2018. № 1. С. 51-65

DOI: 10.18384/2310-7189-2018-1-51-65

FOR CITATION

Kovjazin V. F., Lepikhina O. Y., Zimin V.P. Development of predictive models of the land value of single-industry towns with allowance for the factors of activity of city-forming enterprises (on the example of the Murmansk region). In: *Bulletin of Moscow Region State University. Series: Natural sciences*, 2018, no. 1, pp. 51-65

DOI: 10.18384/2310-7189-2018-1-51-65