

УДК 332.64+51-77+004.8

## НЕЙРОСЕТЕВОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ В ЗАДАЧЕ МАССОВОЙ ОЦЕНКИ ЖИЛОЙ НЕДВИЖИМОСТИ ГОРОДА ПЕРМИ

Ясницкий В.Л.

ФГБОУ ВПО «Пермский государственный национальный исследовательский университет»,  
Пермь, e-mail: yasnitskiy@mail.ru

Разработана компьютерная программа, предназначенная для прогнозирования рыночной стоимости жилой недвижимости г. Перми. В основе программы лежит нейронная сеть, обученная на результатах свободных информационных ресурсов, предоставляющих информацию о продаже недвижимости. После исключения выбросов, связанных с недостоверностью информации, средняя относительная погрешность результатов прогнозирования нейронной сети составила 1,03%. С помощью нейросетевой модели произведена оценка значимости входных параметров. Из четырнадцати входных параметров модели наиболее значимыми параметрами, оказывающими наибольшее влияние на стоимость квартир г. Перми, оказались: их площадь, тип жилого дома, расположение квартиры на первом этаже здания. Наименее значимый параметр – район размещения объекта недвижимости. В перспективе предполагается создание программной системы оценки жилой недвижимости, пригодной для использования на всей территории Российской Федерации. Актуальность создания такой системы обусловлена вводом в действие федерального закона об изменении налога на имущество физических лиц, согласно которому для расчета налога на имущество должна использоваться кадастровая (приближенная к рыночной) стоимость имущества.

**Ключевые слова:** жилая недвижимость, нейронная сеть, обучение, тестирование, погрешность, рыночная стоимость, оценка стоимости

## USING A NEURAL NETWORK TO SOLVE THE PROBLEM OF MASS REAL ESTATE APPRAISAL OF CITY PERM

Yasnitskiy V.L.

Perm State University, Perm, e-mail: yasnitskiy@mail.ru

The computer program to predict the market value of residential real estate of the city Perm are developed. The program is based on a neural network trained on the results of the information resources available on the estate. After excluding emissions associated with false information, the average relative error of the results of the neural network prediction was 1,03%. The valuing the input parameters was performed using a neural network model. Among the fourteen input parameters of the model the most significant parameters that have the greatest impact on the cost of apartments in Perm are: the area of apartments, type of dwelling house, whether the apartment is located on the ground floor. The least important parameter is: in what area of the city the property is situated. In the future, it is expected to create a software system for the assessment of residential property, which will be suitable for use throughout the Russian Federation. The relevance of such a system is due to the commissioning of the federal law amending the tax on personal property, according to which, for the calculation of property tax should be used cadastral (approximate market) value of the property.

**Keywords:** residential, neural network, training, testing, uncertainty, the market value, the valuation

Целью настоящей работы является разработка компьютерной системы прогнозирования кадастровой оценки жилой городской недвижимости. Высокая актуальность создания универсального инструмента, позволяющего проводить рыночную оценку объектов недвижимости с различными характеристиками с высокой степенью точности, обусловлена проводимой налоговой реформой в России, что закреплено рядом документов. С 1 января 2015 года вступила в силу глава 32 Налогового кодекса Российской Федерации «Налог на имущество физических лиц». Согласно ей налоговая база, в соответствии с решениями органов власти субъектов РФ для ряда регионов определяется как кадастровая (приближенная к рыночной) стоимость принадлежащих физическим лицам объектов недвижимости. При этом до 2020 года исчисление налога от ка-

дастровой стоимости объекта недвижимости должно быть внедрено на территории всей Российской Федерации.

В данной работе программная система расчета кадастровой стоимости жилой недвижимости создана с помощью нейронных сетей на базе статистических данных о проводимых сделках на территории г. Перми, что является первым шагом более глобальной задачи создания программной системы массовой оценки недвижимости на всей территории России.

### Методика оценки стоимости квартир

В ряде развитых зарубежных стран уже давно существует практика применения искусственных нейронных сетей для массовой оценки объектов недвижимости с целью исчисления налога на имущество [5]. В России же, как справедливо

заметили авторы статьи [1], задача создания программных систем массовой оценки недвижимости осложняется тем, что, в отличие от зарубежных стран, у нас отсутствует система обязательного публичного раскрытия информации о сделках с недвижимостью, в связи с чем достоверная информация о сделках с недвижимостью крайне ограничена даже в Москве, а тем более в остальных регионах России. Тем не менее авторы работы [1] сообщают, что они разработали и успешно внедрили нейросетевую программную систему оценки нежилой недвижимости в Департаменте имущества г. Москвы в 2008 году. Свой успех они объясняют применением целого комплекса методик, позволивших на стадии предобработки информации выявить и исключить выбросы, а также использованием нетрадиционной обобщенно-регрессионной нейронной сети, что обеспечило низкую, по их мнению, среднюю относительную погрешность 20,0%.

Не менее успешной оказалась попытка разработки в 2008 г. программной системы оценки стоимости двухкомнатных квартир в г. Перми [3, с. 10–15]. Классический многослойный перцептрон с сигмоидными активационными функциями позволил создать систему, обеспечивающую оценку пермских квартир с максимальной относительной ошибкой 16,4%. Настоящая работа является прямым продолжением этих исследований.

В результате анализа информационных ресурсов агентств недвижимости, предоставляющих информацию о продаже вторичной жилой недвижимости на территории г. Перми, а также опыта ряда коммерческих компаний, работающих на рынке, были выбраны 14 ключевых параметров объектов жилой недвижимости, представляющих как количественные, так и качественные показатели, наилучшим образом характеризующие объекты исследования: район размещения объекта недвижимости; тип жилого дома; серия жилого дома; этажность здания; расположение квартиры на первом этаже; количество лет эксплуатации здания; площадь объекта недвижимости, кв. м; количество санузлов в помещении; наличие внутренней отделки; наличие подземной парковки у жилого дома; наличие подъёмных лифтов и их количество; наличие консьержа в подъезде, закрытой придомовой территории; степень доступности для общественного транспорта; наличие развитой инфраструктуры в пешей доступности (детский сад, школа, магазин). Выходная переменная является численной и соответствует предполагаемой цене объекта недвижимости в российских рублях.

Среди указанных параметров, характеризующих объект недвижимости, существуют как количественные, так и качественные показатели. И если значения первых заносились в обучающее множество без изменений, то информация о каждом из последних заносилась в закодированном виде согласно таблице.

Способ кодировки качественных параметров нейросетевой модели

Параметр	Кодировка	Расшифровка
Район	1	Ленинский
	2	Свердловский
	3	Дзержинский
	4	Мотовилихинский
	5	Индустриальный
	6	Орджоникидзевский
	7	Кировский
Тип	1	Кирпичный
	2	Панельный
	3	Монолитно-каркасный
	4	Другой
Серия	1	Сталинский
	2	Хрущёвский
	3	Брежневский
	4	Индивидуальный проект
	5	Полнометражная
	6	Элитный
	7	Улучшенной планировки
Крайний этаж	0	Нет
	1	Да
Лет в эксплуатации	1	до 5
	2	от 5 до 10
	3	от 10 до 25
	4	от 25 и более
Отделка	0	Нет
	1	Первичная
	2	Ремонт
Подземная парковка	0	Нет
	1	Есть
Лифт	0	Нет
	1	Есть
Консьерж	0	Нет
	1	Есть
Транспортная доступность	0	Плохая
	1	Хорошая
Инфраструктура	0	Слабо развитая
	1	Хорошо развитая

Для обучения нейронной сети было сформировано множество примеров, для чего использовалась статистическая информация о существующих предложениях на рынке вторичной жилой недвижимости города Перми. Сначала было сформировано множество из 400 примеров, которое было подвергнуто чистке с помощью нейросетевой методики выявления и устранения выбросов [2]. Таким образом были обнаружены и удалены выбросы – примеры, сформированные на основании объявлений с чрезмерно завышенной стоимостью квартир. Очищенное множество (380 примеров) было разбито на обучающее, содержащее 340 примеров, и тестирующее, содержащее 40 примеров.

С помощью технологии, сложившейся в Пермской научной школе искусственного интеллекта ([www.PermAI.ru](http://www.PermAI.ru)) [3, 4], выполнялось проектирование нейронной сети, ее обучение, оптимизация и тестирование, а также эксперименты над нейросетевой математической моделью. Оптимальная структура нейронной сети представляла собой персептрон, имеющий 14 входных нейронов, один скрытый слой с 12 нейронами и один выходной нейрон. В качестве активационных функций использовались функции гиперболического тангенса.

#### Результаты тестирования нейронной сети и оценка значимости параметров

После оптимизации и обучения нейронной сети ее прогностические свойства проверялись на примерах тестирующего множества, которые в процессе обучения не участвовали. Средняя относительная ошибка тестирования нейронной сети, в том чис-

ле определенная по методике многократной перекрестной проверки, не превысила 4%. Типичный пример сопоставления фактических значений стоимости квартир и стоимостей, рассчитанных нейронной сетью, представлен на рис. 1, из которого видно, что прогнозные значения стоимости квартир достаточно близки к фактическим.

Как видно из гистограммы рис. 2, наиболее значимыми параметрами оказались: площадь объекта недвижимости, тип жилого дома (кирпичный, панельный, монолитно-каркасный), расположение квартиры на первом этаже. Наименее значимым параметром оказался район размещения объекта, что можно объяснить особенностями конфигурации г. Перми. Дело в том, что город Пермь не имеет ярко выраженного центра, сильно вытянут вдоль реки и имеет прямоугольно-линейную схему расположения улиц. Поэтому принадлежность дома к определенному району не определяет его транспортную доступность и удаленность от центра. По-видимому, для других городов с иной организацией транспортной системы, в первую очередь с радиально-кольцевым расположением улиц, район размещения объекта будет иметь большее влияние.

Обсуждая полученные результаты, обратим еще раз внимание, что нейронная сеть обучалась на данных вторичной жилой недвижимости города Перми и потому отражает менталитет и систему ценностей жителей именно этого города. Для других стран распределение значимости параметров, влияющих на стоимость квартир, по-видимому, будет иметь иной вид.

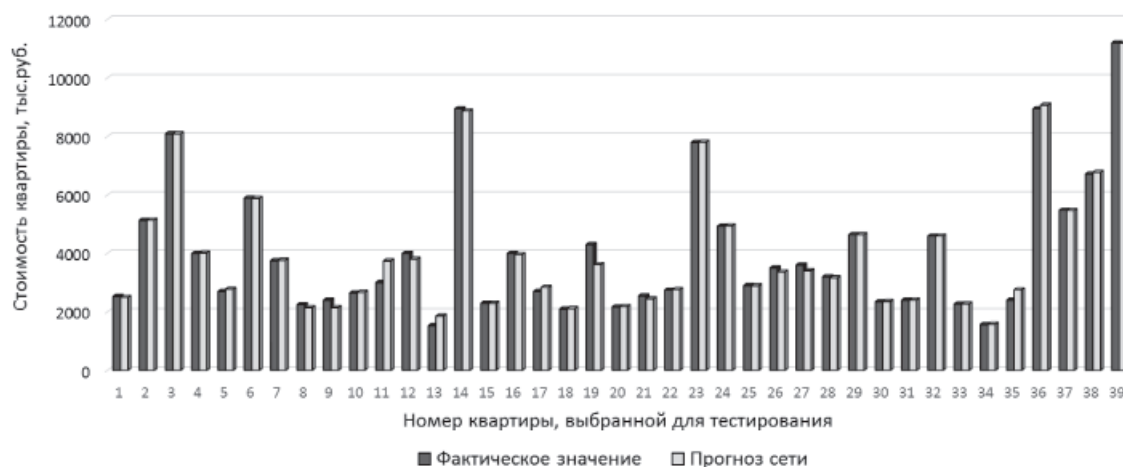


Рис. 1. Типичный результат тестирования нейронной сети: сопоставление прогнозируемых и фактических значений стоимости квартир на примерах, не участвовавших в обучении сети

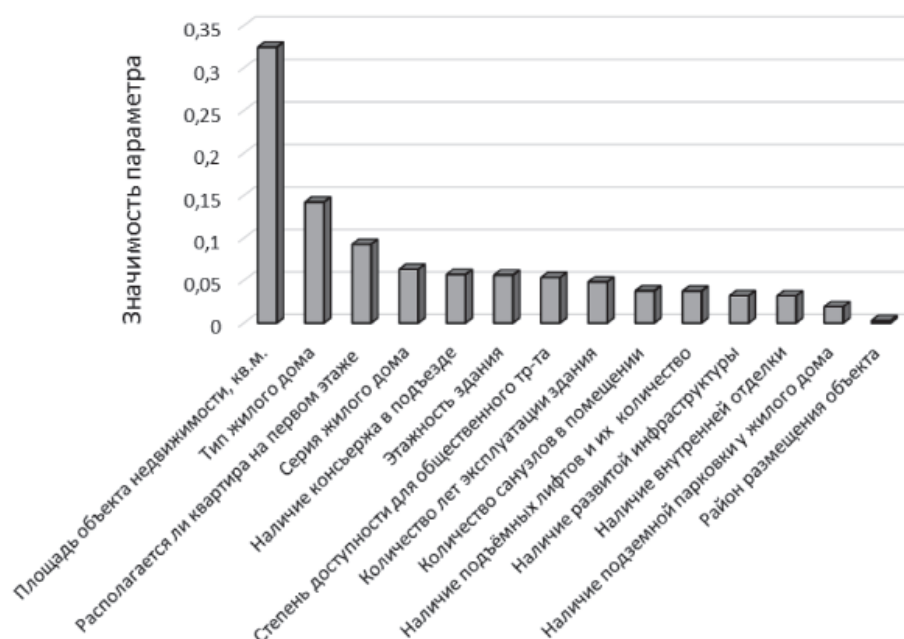


Рис. 2. Степень влияния входных параметров модели на результат моделирования – стоимость квартир в г. Перми

### Заключение

Разработана нейросетевая математическая модель, реализованная в виде компьютерной программы, позволяющей с высокой степенью точности выполнять прогнозирование рыночной стоимости квартир в г. Перми. Проанализирована значимость входных параметров модели.

В дальнейшем предполагается создание программной системы, пригодной для использования на всей территории Российской Федерации, что является актуальным при реализации органами власти налоговой реформы и переходе на кадастровый расчет налога на имущество физических лиц всех объектов жилой недвижимости.

### Список литературы

1. Борусяк К.К., Мунерман И.В., Чижов С.С. Нейросетевое моделирование в задаче массовой оценки нежилой недвижимости г. Москвы // Экономическая наука современной России. – 2009. – № 4. – С. 86–98.
2. Черепанов Ф.М., Ясницкий Л.Н. Нейросетевой фильтр для исключения выбросов в статистической информации // Вестник Пермского университета. Сер.: Математика. Механика. Информатика. – 2008. – № 4. – С. 151–155.
3. Ясницкий Л.Н., Бондарь В.В., Бурдин С.Н. и др. Пермская научная школа искусственного интеллекта и ее инновационные проекты. – 2-е изд. – М.-Ижевск: НИЦ «Регулярная и хаотическая динамика», 2008. – 75 с.
4. Ясницкий Л.Н. Введение в искусственный интеллект. – М.: Издательский центр «Академия», 2005. – 176 с.

5. Borst R.A. Artificial neural networks in mass appraisal // Journal of Property Tax Assessment & Administration. – 1995. – № 1(2). – pp. 5–15.

### References

1. Borusjak K.K., Munerman I.V., Chizhov S.S. Nejrossetevoe modelirovanie v zadache massovoj ocenki nezhiloy nedvizhimosti g. Moskvy // Jekonomicheskaja nauka sovremennoj Rossii. 2009. no. 4. pp. 86–98.
2. Cherepanov F.M., Jasnitskij L.N. Nejrossetevoj fil'tr dlja iskljuchenija vybrosov v statisticheskoj informacii. Vestnik Permskogo universiteta. Ser.: Matematika. Mehanika. Informatika. 2008. no 4. pp. 151–155.
3. Yasnitsky L.N., Bondar V.V., Burdin S.N. i dr. Permskaja nauchnaja shkola iskusstvennogo intellekta i ee innovacionnye projekty. 2-e izd. Moskva-Izhevsk: NIC «Reguljarnaja i haticheskaja dinamika», 2008. 75 p.
4. Yasnitsky L.N. Vvedenie v iskusstvennyj intellekt. M.: Izdatelskij centr «Akademija», 2005. 176 p.
5. Borst R.A. Artificial neural networks in mass appraisal // Journal of Property Tax Assessment & Administration. 1995. no. 1(2). pp. 5–15.

### Рецензенты:

Файзрахманов Р.А., д.э.н., профессор, заведующий кафедрой «Информационные технологии и автоматизированные системы», Пермский национальный исследовательский политехнический университет, г. Пермь;

Русаков С.В., д.ф.-м.н., профессор, заведующий кафедрой прикладной математики и информатики, Пермский государственный национальный исследовательский университет, г. Пермь.