



УДК 004

ОЦЕНКА СТОИМОСТИ АРЕНДЫ НЕДВИЖИМОСТИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ИСКУССТВЕННЫХ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ

В.А. Евсин, *ewsin.wladimir95@gmail.com*, **В.А. Евсина**, *vika_evsina@mail.ru*

Южно-Российский государственный политехнический университет (НПИ)
имени М.И. Платова, г. Новочеркасск

В данной статье представлена методика оценки стоимости аренды недвижимости с использованием технологии искусственных нейронных сетей. Рассмотрены входные и выходные параметры искусственной нейронной сети. Представлена структура данной сети, а также параметры обучения. Реализован предварительный корреляционный анализ данных. Произведена реализация оценки стоимости аренды недвижимости с использованием искусственных нейронных сетей. Приведен анализ результатов данной оценки. Произведен вывод по целесообразности исполнения данной операции.

Ключевые слова: информатика, искусственные нейронные сети, *Data Mining*, анализ данных, *Big Data*, информационные системы, аренда недвижимости.

VALUATION RENTAL OF REAL ESTATE BY MEANS OF SYNTHETIC NEURAL NETWORKS

V.A. Evsin, V.A. Evsina

Platov South-Russian State Polytechnic University (NPI), Novocherkassk

This article presents a method of assessing the cost of real estate rental using artificial neural networks technology. The input and output parameters of an artificial neural network are considered. The structure of this network, as well as training parameters are presented. Preliminary correlation analysis of the data is implemented. The implementation of the valuation of real estate lease using artificial neural networks. The analysis of the results of this assessment is given. The conclusion on expediency of execution of this operation is made.

Keywords: informatics, artificial neural networks, *Data Mining*, data analysis, *Big Data*, information systems, real estate rental

На данном этапе развития современного общества большую роль играет информационная обеспеченность при принятии решений. Ключевое значение имеет анализ потоков информации, выявление закономерностей и трендов. Одним из наиболее развивающихся и перспективных методов анализа данных являются искусственные нейронные сети. Данная модель *Data Mining* позволяет решать целый комплекс задач, к числу которых относится регрессионный анализ и аппроксимация больших объемов данных для проведения оценки стоимости аренды недвижимости. Ввиду большой конкуренции на рынке недвижимости необходимо проводить анализ стоимости сдаваемых в аренду объектов. Модель проведения оценки, визуализированная в форме диаграммы деятельности нотации *UML*, составленной с учетом рекомендаций в [1-4], представлена на рис. 1. Функционал качества прогноза в данном случае может быть основан на минимизации суммы квадратов отклонений и иметь следующую форму:

$$J(w) = \frac{1}{2} \sum_{j=1}^m [C^T - \widetilde{C}^T]^2 \rightarrow \min,$$

где C^T – стоимость объекта фактическая, $\widetilde{C}^T$ – стоимость объекта прогнозируемая.

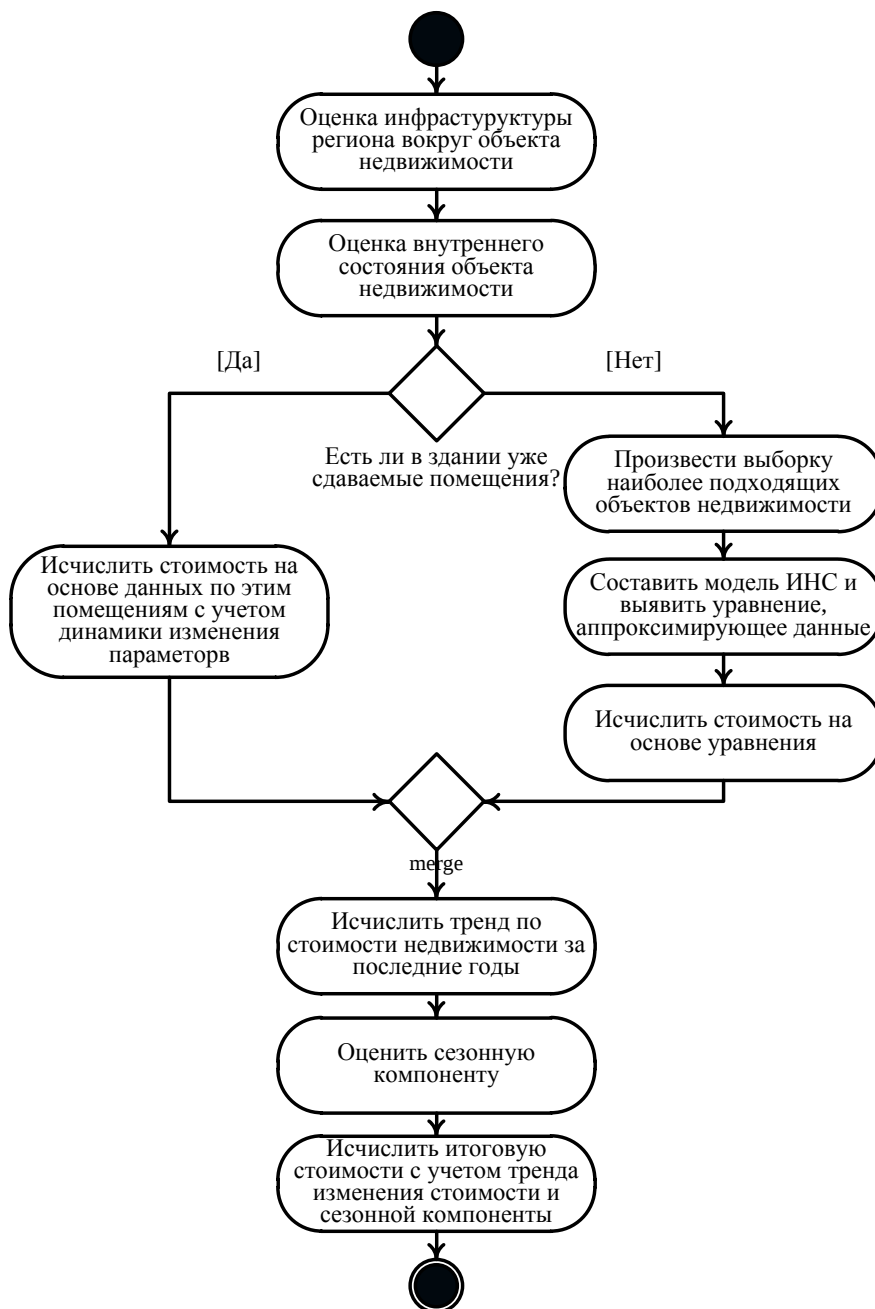


Рис. 1 – Модель оценки стоимости аренды недвижимости

Прогнозируемая стоимость аренды может быть выражена следующей моделью:

$$\widetilde{C}^T = IH * w_1 + IR * w_2 + DC * w_3 + M * w_4 + TS * w_5 + LN * w_6 + LT * w_7 + \varepsilon,$$

где IH – коэффициент благоустройства помещения, IR – коэффициент благоустройства региона, DC – удаленность от центра, M – материал помещения, TS – коэффициент технического оснащения квартиры, LN – долгота, LT – широта, ε – случайная ошибка модели. С учетом представленных параметров функционал приобретает следующую форму:



$$J(w) = \frac{1}{2} \sum_{j=1}^m [C^T - (IH * w_1 + IR * w_2 + DC * w_3 + M * w_4 + TS * w_5 + LN * w_6 + LT * w_7)]^2 \rightarrow \min,$$

параметры которой идентичны представленным ранее. На рис. 2. представлена зависимость стоимости от каждого из параметров. По данным из рисунка можно оценить, что наибольший корреляционный показатель между стоимостью и показателем благоустройства помещения, а также между стоимостью и благоустройством региона.

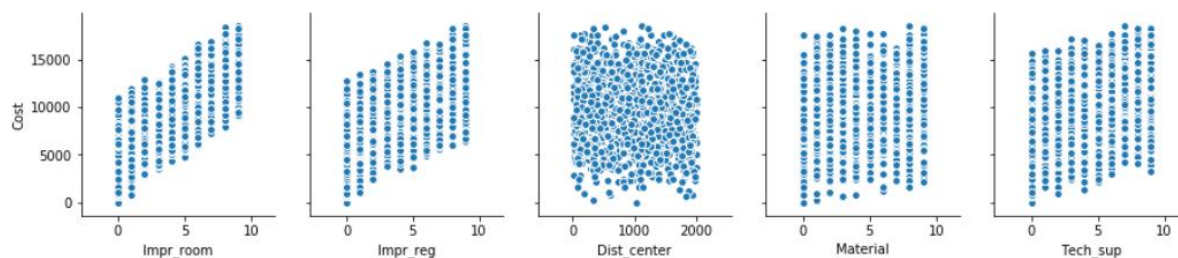


Рис. 2 – Зависимость стоимость недвижимости от показателей

Корреляционная связь между двумя параметрами определяется следующей формулой:

$$r = \frac{\sum xy - \frac{\sum x \sum y}{n}}{\sqrt{\left[\sum x^2 - \frac{(\sum x)^2}{n} \right] \left[\sum y^2 - \frac{(\sum y)^2}{n} \right]}}$$

где x – независимый показатель (IH, IR, DC, M, TS), y – стоимость (C^T). Матрица корреляционных показателей представлена на рис. 3.

	Tech_sup	Dist_center	Impr_room	Impr_reg	Longitude	Latitude	Cost
Tech_sup	1.000000	0.000519	-0.000034	0.009575	-0.015364	0.012236	0.336014
Dist_center	0.000519	1.000000	-0.005752	-0.002601	-0.014799	-0.012603	-0.002495
Impr_room	-0.000034	-0.005752	1.000000	0.006943	-0.001557	0.009909	0.343215
Impr_reg	0.009575	-0.002601	0.006943	1.000000	0.009784	-0.012169	0.577987
Longitude	-0.015364	-0.014799	-0.001557	0.009784	1.000000	0.002447	0.010471
Latitude	0.012236	-0.012603	0.009909	-0.012169	0.002447	1.000000	-0.010828
Cost	0.336014	-0.002495	0.343215	0.577987	0.010471	-0.010828	1.000000

Рис. 3 – Корреляционная матрица

В качестве архитектуры сети используется модель последовательных слоев, каждый из которых соединен с предыдущим всеми нейронами. Сеть имеет входной, выходной слой, а также 10 скрытых слоев с конфигурацией количества нейронов в каждом: 7/7/64/128/64/8/6/5/4/3/2/1. В качестве функции активации используется модель *SELU* (масштабная экспоненциальная линейная единица), которая имеет следующую форму:



$$SELU(x) = \lambda \begin{cases} x, & \text{если } x > 0 \\ ae^x - a, & \text{иначе} \end{cases}$$

В качестве модели оптимизации используется ускоренная адаптивная моментная модель Нестерова, которая является комбинацией адаптивной моментной модели и модели ускоренного градиентного спуска Нестерова. Модель оптимизации весов в каждый дискретный момент имеет следующую форму:

$$\begin{aligned} \delta_t &= \nabla_{w_t} J(w_t) \\ m_t &= \beta_1 m_{t-1} + (1 - \beta_1) \delta_t \\ v_t &= \beta_2 v_{t-1} + (1 - \beta_2) |\delta_t|^2 \\ w_{t+1} &= w_t - \frac{\eta}{\sqrt{v_t} + \epsilon} * \left(\frac{\beta_1 m_{t-1}}{1 - \beta_1^t} + \frac{(1 - \beta_1) \delta_t}{1 - \beta_1^t} \right) \end{aligned}$$

где δ_t – градиент спуска, m_t – момент расчета, η – темп обучения, β_1, β_2 – параметры обучения модели. Параметры сети представлены на рис. 4. Подробнее о нейронных сетях в [5-8].

Layer (type)	Output Shape	Param #
dense_243 (Dense)	(None, 7)	56
dense_244 (Dense)	(None, 64)	512
dense_245 (Dense)	(None, 128)	8320
dense_246 (Dense)	(None, 64)	8256
dense_247 (Dense)	(None, 8)	520
dense_248 (Dense)	(None, 6)	54
dense_249 (Dense)	(None, 5)	35
dense_250 (Dense)	(None, 4)	24
dense_251 (Dense)	(None, 3)	15
dense_252 (Dense)	(None, 2)	8
dense_253 (Dense)	(None, 1)	3
Total params: 17,803		
Trainable params: 17,803		
Non-trainable params: 0		

Рис. 4 – Параметры нейронной сети

Процесс динамики изменения абсолютной ошибки обучения представлен на рис. 5. График тестирования значения представлен на рис. 6.

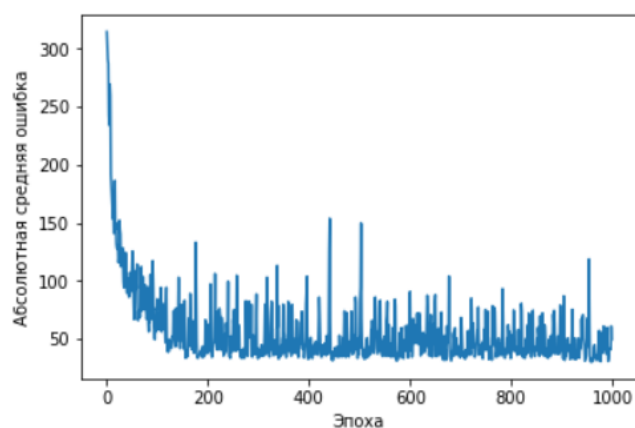


Рис. 5 – Динамика изменения абсолютной средней ошибки обучения

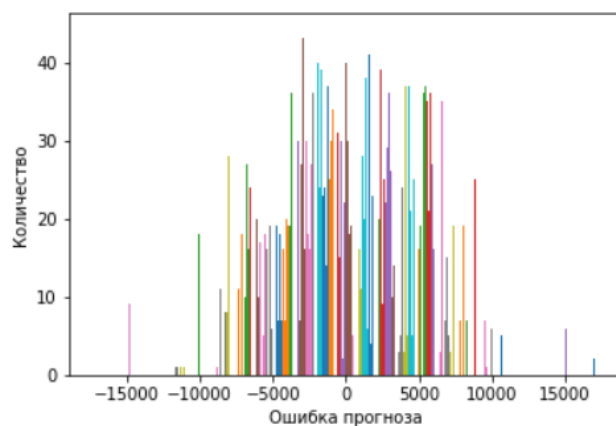


Рис. 6 – Диаграмма распределения ошибки прогноза

Диаграмма оценки значений тестируемых данных представлена на рис. 7.

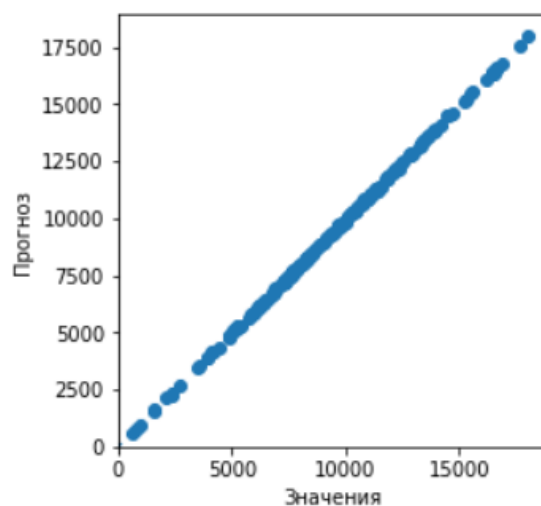


Рис. 7 – Диаграмма корреляции при оценке тестируемых данных



Данная модель оценки стоимости аренды недвижимости имеет положительную динамику изменения ошибки прогноза при обучении, а также приемлемую диаграмму распределения ошибки прогноза, что говорит о ее качестве. Таким образом, можно сделать положительный вывод о целесообразности внедрения данной модели в информационные системы по аренде недвижимости, подробнее о которых в [9,10], для повышения скорости и качества работы персонала при оценке стоимости объектов недвижимости.

Список цитируемой литературы

1. Широбокова С.Н. Использование языка UML при проектировании прикладных приложений на платформе "1С:Предприятие 8" // Новые информационные технологии в образовании: доклады и выступления участников IX Международной научно-практической конференции "Новые информационные технологии в образовании: Комплексная модернизация процесса обучения и управления образовательными учреждениями с использованием технологий 1С", 3-4 февр. 2009г. – М., 2009. – Ч.3. – С.270-274.
2. Широбокова С.Н., Хашиева Л.Н. Разработка информационных моделей экономических систем с использованием унифицированного языка моделирования UML : учеб. пособие / Рост. гос. эконом. ун-т "РИНХ". – Ростов н/Д, 2002. – 144с.
3. Широбокова С.Н. Использование инструментальных средств поддержки реинжиниринга бизнес-процессов: учеб. пособие / Юж.-Рос. гос. политехн. ун-т (НПИ) им. М.И. Платова. – Новочеркасск: ЮРГПУ (НПИ), 2014. – 194 с.
4. Широбокова С.Н. Методика использования унифицированного языка моделирования UML при проектировании прикладных приложений на платформе "1С:Предприятие 8" // Экономические информационные системы и их безопасность: разработка, применение и сопровождение : материалы регион. науч.-практ. конф. профессорско-преподавательского состава, молодых ученых, аспирантов и студентов, 1-5 окт. 2009 г., п. Архыз / Ростов. гос. эконом. ун-т (РИНХ). – Ростов н/Д, 2010. – С. 118-126.
5. Евсин В.А., Широбокова С.Н., Продан Е.А. Использование технологии распределенных реестров при проектировании информационной системы "Аренда недвижимости" с применением искусственных нейронных сетей // Инженерный вестник Дона. – 2018. – №1. – С. 42. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n1y2018/465.
6. Евсин В.А., Евсина В.А., Продан Е.А., Широбокова С.Н. Математическое моделирование процесса оценки стоимости аренды недвижимости с использованием искусственных нейронных сетей // Инженерный вестник Дона. – 2019. – №1. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n1y2019/5456.
7. Рутковская Д., Пилиньский М., Рутковский Л. Нейронные сети, генетические алгоритмы и нечеткие системы. – М.: Горячая линия – Телеком, 2006. – 383 с.
8. Хайкин С. Нейронные сети. Полный курс. – 2 изд. – М.: Издательский дом "Вильямс", 2006. – 1104с.
9. Евсин В.А., Широбокова С.Н. Моделирование и реализация мобильного приложения подбора арендуемой недвижимости: В сб.: Моделирование. Теория, методы и средства: Мат. 16-й Межд. науч.-техн. конф., посв. 110-летию Юж.-Рос. гос. политехн. ун-та (НПИ) им. М.И. Платова, Новочеркасск, 06-07 декабря 2016г. – Новочеркасск, 2016. – С.60-65.
10. Евсин В.А., Продан Е.А., Широбокова С.Н. Применение мобильных технологий платформы «1С:Предприятие» при подготовке выпускной квалификационной работы // Новые информационные технологии в образовании: сборник науч. Трудов 17-й Междунар. науч.-практ. конф. «Новые информационные технологии в образовании» (Инновации в экономике и образовании на базе технологических решений «1С»), 31 января -1 февраля 2017г.) в 2-х частях. – Ч.2. – М.: ООО «1С-Пабблишинг», 2017. – С.53-58.