

*Чудинова О.С.,*

*кандидат экономических наук, доцент*

*доцент кафедры математических методов и моделей в экономике*

*Оренбургский государственный университет*

*Россия, г. Оренбург*

*Русаков В.Н.,*

*студент*

*4 курс, «Финансово-экономический факультет»*

*Оренбургский государственный университет*

*Россия, г. Оренбург*

## **МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ СТОИМОСТИ ДАЧНЫХ (САДОВЫХ) УЧАСТКОВ ОРЕНБУРГСКОЙ ОБЛАСТИ С УЧЕТОМ НЕОДНОРОДНОСТИ ДАННЫХ**

***Аннотация:** В статье представлены результаты моделирования стоимости дачных (садовых) участков Оренбургской области методами регрессионного анализа и методами, основанными на деревьях принятия решений. Моделирование проведено с учетом неоднородности данных, проявляющейся в существовании на территории Оренбургской области двух классов дачных (садовых) объединений, различающихся по уровню развития инфраструктуры. Проведен сравнительный анализ регрессионных моделей и моделей в форме деревьев принятия решений.*

***Ключевые слова:** моделирование стоимости, регрессионный анализ, деревья принятия решений, нелинейные регрессионные модели, модель Бокса-Кокса.*

***Annotation:** The article presents the results of modeling the cost of suburban (garden) areas of the Orenburg region by regression analysis methods and methods*

*based on decision trees. The modeling is carried out taking into account the heterogeneity of data, manifested in the existence in the Orenburg region of two classes of suburban (garden) associations, differing in the level of infrastructure development. The comparative analysis of regression models and models in the form of decision trees is carried out.*

**Key words:** *cost modeling, regression analysis, decision trees, nonlinear regression models, Box-Cox model.*

Практическая значимость адекватной оценки стоимости дачных (садовых) участков, учитывающей результаты предварительного анализа имеющейся рыночной информации, неоднородность данных и влияние большого количества факторов, обосновывает необходимость использования в ценообразовании математического инструментария. Вопросами выявления факторов, влияющих на стоимость земельных участков, моделирования и прогнозирования стоимости дачных (садовых) участков на региональном уровне занимались Агалков С. А. [1], Демидова П. М. [2]-[3], Рыбкина А.М. [4], Картунен, О.А. [5] и другие ученые. Несмотря на широкий круг вопросов, рассматриваемых в работах по оценке кадастровой стоимости объектов недвижимости, на некоторых этапах оценки стоимости в недостаточной степени применяется математический инструментарий. Это касается проверки исходных данных на наличие резковыделяющихся наблюдений, анализа дифференциации рынка дачных (садовых) участков, а также формирования системы показателей, влияющих на стоимость дачных (садовых) участков, что затрудняет проведение оценки кадастровой стоимости и приводит к некорректным результатам.

Информационной базой исследования послужила информация о ценах сделок и предложений дачных (садовых) участков Оренбургской области за период с 01.01.2016 г. по 31.03.2018 г. Объем выборки составил 1482 участка.

После анализа исходных данных на наличие аномальных значений из выборки были исключены 34 участка.

Учитывая информацию о характеристиках земельных участков, содержащуюся в объявлениях о продаже, мнения экспертов в области оценки недвижимости, а также результаты исследования ведущих специалистов [5]-[7] сформирована система показателей, включающая факторы коммунальной инфраструктуры и факторы местоположения (таблица 1).

**Таблица 1.**

**Факторы ценообразования дачных (садовых) участков**

Факторы коммунальной инфраструктуры	Факторы местоположения
<p>x<sub>1</sub> - наличие объектов торговли (да/нет);</p> <p>x<sub>2</sub> - наличие возможности круглогодичного проживания (да/нет);</p> <p>x<sub>3</sub> - наличие круглогодичной транспортной доступности (да/нет);</p> <p>x<sub>4</sub> - наличие электроснабжения (да/нет);</p> <p>x<sub>5</sub> - наличие водоснабжения (да/нет);</p> <p>x<sub>6</sub> - наличие газоснабжения (да/нет);</p> <p>x<sub>7</sub> - расположение дачного (садового) объединения относительно рекреационной зоны (да/нет);</p> <p>x<sub>8</sub> - наличие факторов, отрицательно влияющих на стоимость объектов недвижимости (да/нет);</p> <p>x<sub>9</sub> - наличие факторов, положительно влияющих на стоимость объектов недвижимости (да/нет).</p>	<p>x<sub>10</sub> - расстояние до ближайшего водного объекта, км;</p> <p>x<sub>11</sub> - расстояние до дороги, км;</p> <p>x<sub>12</sub> - расстояние до г. Оренбурга, км;</p> <p>x<sub>13</sub> - расстояние до центра муниципального образования, км;</p> <p>x<sub>14</sub> - расстояние до остановки общественного транспорта, км;</p> <p>x<sub>15</sub> - численность населения муниципального образования, человек.</p>

Кластеризация дачных (садовых) участков методами кластерного анализа с использованием метрики Говера позволила выявить неоднородность данных, проявляющуюся в существовании участков с хорошо и плохо развитой инфраструктурой. Для учета неоднородности данных построение моделей множественной регрессии для удельной рыночной цены дачного

(садового) участка проводилось в рамках каждого класса отдельно. Результаты регрессионного анализа представлены в таблице 2. Следует заметить, что уравнения регрессии, построенные для первого и второго класса, отличаются составом объясняющих переменных. Нелинейные модели обладают более высоким качеством. В классе нелинейных моделей наилучшим качеством обладают модели, построенные с использованием линеаризующего преобразованиями Бокса-Кокса. Мультипликативная модель и модель Бокса-Кокса для участков второго класса совпадают составом ценообразующих факторов. Модели для участков, принадлежащих второму классу, отличаются составом: в модели Бокса-Кокса по сравнению с мультипликативной помимо прочих факторов значимое влияние оказывают наличие объектов торговли в дачном (садовом) объединении и расстояние до центра муниципального образования. Следует отметить, что нелинейные модели оценки стоимости квадратного метра дачного (садового) участка первого класса характеризуются низким коэффициентом детерминации. Это обосновывает необходимость дальнейшего поиска адекватного инструментария оценки стоимости квадратного метра дачного (садового) участка.

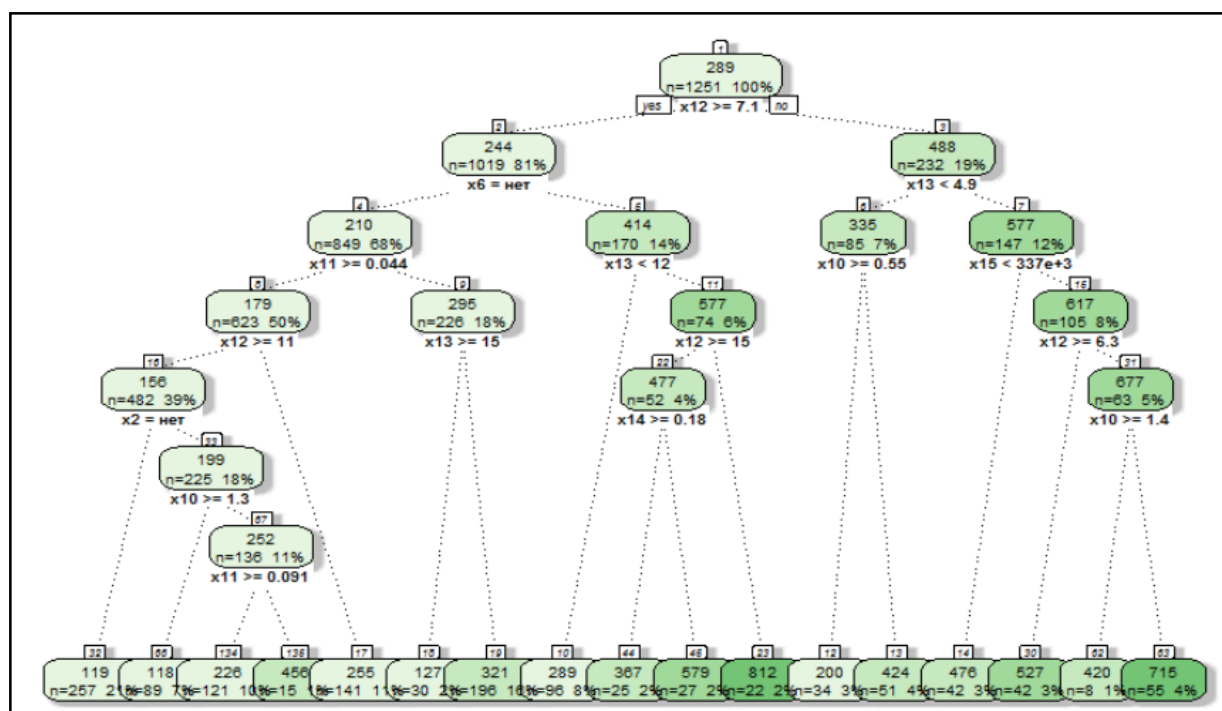
**Таблица 2.**

**Результаты регрессионного анализа удельной рыночной цены дачного (садового) участка первого и второго классов**

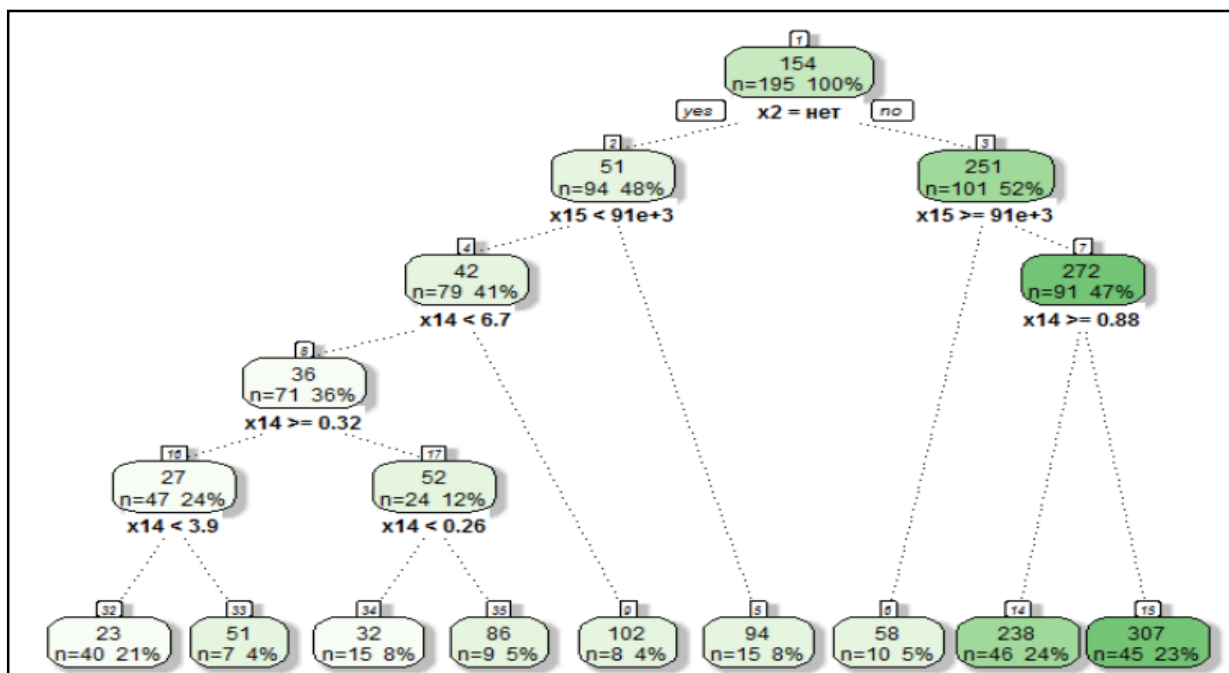
Название модели	Номер класса	Оценка и характеристики уравнения регрессии
Линейная модель множественной регрессии	Первый класс	$\hat{y}^{(1)} = 384,75 + 45,84x_2 + 212,39x_6 - 104,99x_9 - 41,84x_{10} - 101,26x_{11} - 8,17x_{12} + 0,0002x_{15};$ <p style="text-align: center;"> <small>(20,68)      (11,76)      (12,55)      (15,38)      (4,99)      (24,20)</small>  <small>(0,96)      (0,00003)</small> </p> $\hat{R}^2 = 0,436, \bar{A} = 0,659, F_{набл} = 137,39.$
	Второй класс	$\hat{y}^{(2)} = 21,99 + 108,42x_2 + 116,66x_5 - 40,04x_9 - 1,93x_{13} + 14,33x_{14};$ <p style="text-align: center;"> <small>(8,28)      (14,68)      (16,02)      (8,95)      (0,97)      (2,87)</small> </p> $\hat{R}^2 = 0,753, \bar{A} = 0,683, F_{набл} = 168,81.$

Модель Бокса-Кокса	Первый класс	$\hat{y}^{(1)} = (0,9456 + 0,0127x_1 - 0,0261x_2 - 0,0348x_6 + 0,0150x_9 - 0,068x_{10}^{-0,1} - 0,028x_{11}^{-0,1} - 0,256x_{12}^{-0,1} - 0,035x_{13}^{-0,1})^{-10}$ , $\hat{R}^2 = 0,482$ , $\bar{A} = 0,537$ , $F_{набл} = 102,15$ .
	Второй класс	$\hat{y}^{(2)} = (2,6048 + 0,4504x_2 + 0,276x_4 + 0,566x_5 - 0,307x_7 - 0,678x_{11}^{0,2})^5$ , $\hat{R}^2 = 0,825$ , $\bar{A} = 0,518$ , $F_{набл} = 157,02$ .
Мультипликативная модель	Первый класс	$\hat{y}^{(1)} = e^{5,87} (e^{x_2})^{0,33} (e^{x_6})^{0,59} (e^{x_9})^{-0,24} x_{10}^{-0,15} x_{11}^{-0,10} x_{12}^{-0,41}$ , $\hat{R}^2 = 0,471$ , $\bar{A} = 0,551$ , $F_{набл} = 142,1$ , $F_{кр}(0,05;6;1244) = 2,22$ .
	Второй класс	$\hat{y}^{(2)} = e^{3,23} (e^{x_2})^{0,93} (e^{x_4})^{0,70} (e^{x_5})^{1,15} (e^{x_7})^{-0,75} x_{11}^{-0,25}$ , $\hat{R}^2 = 0,812$ , $\bar{A} = 0,498$ , $F_{набл} = 134,8$ , $F_{кр}(0,05;5;189) = 2,26$ .

Далее для оценки стоимости дачных (садовых) участков были применены алгоритмы, основанные на деревьях принятия решений [8]. Диаграмма дерева принятия решений для оценки средней стоимости одного квадратного метра дачного (садового) участка первого класса представлена на рисунке 1, второго класса – на рисунке 2.

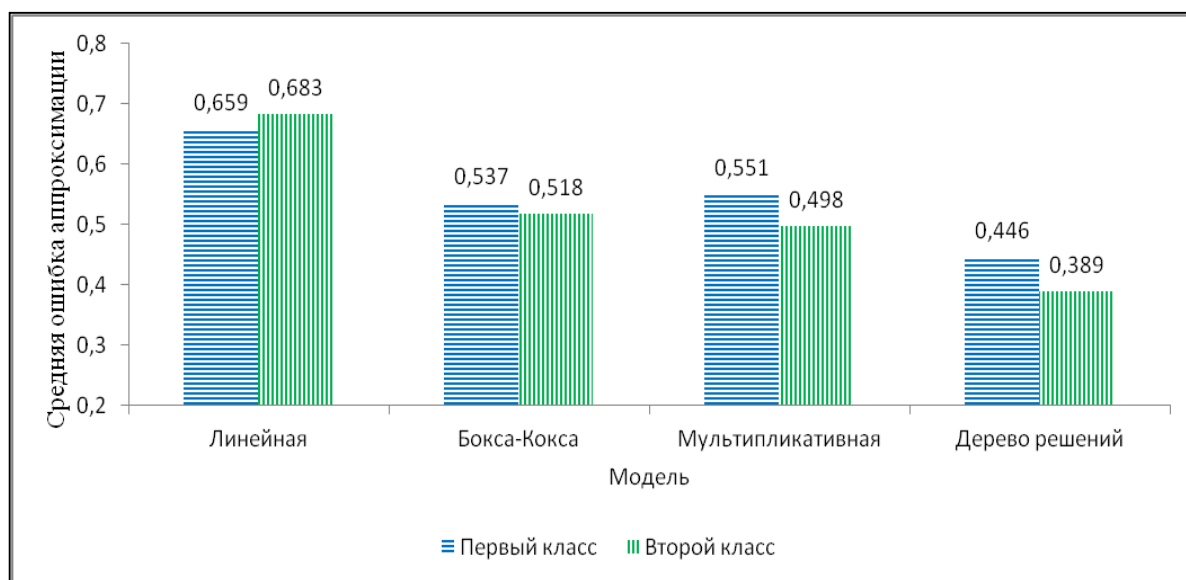


**Рисунок 1. Диаграмма дерева решений для оценки средней стоимости одного квадратного метра дачного (садового) участка первого класса**



**Рисунок 2. Диаграмма дерева решений для оценки средней стоимости одного квадратного метра дачного (садового) участка второго класса**

Для сравнения построенных моделей оценки стоимости одного квадратного метра дачных (садовых) участков, учитывающих неоднородность данных, построена диаграмма (рисунок 3), на которой представлены значения средней ошибки аппроксимации.



**Рисунок 3. График средних ошибок аппроксимации для построенных моделей для оценки стоимости одного квадратного метра дачных (садовых) участков**

С точки зрения выбранного показателя, модели оценки стоимости одного квадратного метра дачного (садового) участка в форме деревьев принятия решений характеризуются более высоким качеством по сравнению с линейными и нелинейными регрессионными моделями. Именно эти модели рекомендуется использовать для оценки стоимости квадратного метра дачных (садовых) участков Оренбургской области.

Наибольшее влияние на стоимость дачных (садовых) участков из класса с хорошо развитой инфраструктурой оказывают расстояние до Оренбурга, до центра муниципального образования и наличие газоснабжения. Стоимость дачных (садовых) участков из класса с плохо развитой инфраструктурой формируется под влиянием факторов расстояния до остановки общественного транспорта, численности населения муниципального образования и возможности круглогодичного проживания.

### **ИСПОЛЬЗОВАННЫЕ ИСТОЧНИКИ**

1. Агалков, С.А. Эконометрическое моделирование кадастровой стоимости земельных участков Омской области / С.А. Агалков // Вестник Омского государственного университета. – 2015. – №1. – С. 13-15.
2. Демидова, П.М. Выбор типа модели линейной регрессии для определения кадастровой стоимости садоводческих некоммерческих объединений Ленинградской области / П.М. Демидова // Молодой ученый. – 2012. – №12. – С. 45-48.
3. Демидова, П.М. Определение кадастровой стоимости земель садоводческих некоммерческих объединений Ленинградской области методами геостатистики / П.М. Демидова // Инженерный вестник Дона. – 2013. – №2(24) – С.67-71.
4. Рыбкина, А.М. Разработка геостатистической модели массовой кадастровой оценки земель населенных пунктов на примере г. Всеволожска // Двадцатая Санкт-Петербургская Ассамблея молодых ученых и специалистов: Сборник

тезисов. – СПб: Изд-во СПбГУПТД, 2015. – С.111.

5. Картунен, О.А. Факторы, влияющие на формирование стоимости земли // Журнал правовых и экономических исследований. – 2014. – №4. – С.133-134.

6. Ротова, Т.В. Специфика рынка земли и факторы, определяющие цену на землю / Т.В. Ротова // Вестник Кубанского государственного университета. – 2012. – № 5. – С. 7-21.

7. Баева, И.А. Формирование кадастровой оценки земель садоводческих, огороднических и дачных товариществ в Тамбовской области / И. А. Баева и др. // Актуальные проблемы рационального использования земельных ресурсов: материалы Всерос. науч.-практ. конф. (17 мая 2017г.). –Лесниково: Кург.ГСХА, 2017. – С.81-84.

8. Груздев, А.В. Прогнозное моделирование в IBM SPSS Statistics, R и Python: метод деревьев решений и случайный лес. – М.:ДМК Пресс, 2018. – 642 с.