

УДК 338.5: 519.862.6

## МОДЕЛИРОВАНИЕ ЗАВИСИМОСТИ И АНАЛИЗ ЦЕН НА КВАРТИРЫ ОТ РЯДА ФАКТОРОВ НА ПРИМЕРЕ ГОРОДА ЕЛАБУГА

**Хлюпина М.А., Исавнин А.Г.**

*Набережночелнинский институт (филиал) ФГАОУ ВО «Казанский (Приволжский) федеральный университет», Набережные Челны, e-mail: marina150294@bk.ru*

В данной работе применяются методы эконометрического анализа с целью моделирования состояния рынка недвижимости в городе Елабуга. Актуальность исследования вытекает из необходимости формализации существующих критериев оценки стоимости продаваемых квартир, так как часто на практике нет четко обоснованных критериев и моделей для её определения. Преобладает способ оценивания цены предложения квартиры, имеющий основой субъективные критерии, которые могут не совпадать у разных оценщиков. Целью работы является исследование зависимости стоимости 1 кв. метра площади квартир в городе Елабуга от характеристик этих квартир. Данные представлены агентством недвижимости «Единая Риэлтерская Компания Город». Объект исследования: вторичное жилье в городе Елабуга. Основным методом исследования является регрессионный анализ и метод Брандона.

**Ключевые слова:** регрессионный анализ, факторы, оценка критериев, моделирование, метод Брандона, исследование зависимости

## MODELING OF DEPENDENCE OF PRICES ON APARTMENT FROM ROW OF FACTORS ON EXAMPLE OF CITY YELABUGA

**Khlyupina M.A., Isavnin A.G.**

*Institute (branch) of Federal Public Autonomous Educational Institution of higher education the «Kazan (Volga region) Federal University», Naberezhnye Chelny, e-mail: marina150294@bk.ru*

In this work the methods of econometric analysis are used with the purpose of design of market of the real estate condition in the city Yelabuga. Research actuality follows from the necessity of formalization of existent criteria of estimation of cost of the sold apartments, because often in practice there are not the expressly grounded criteria and models for its determination. The method of estimation of supply of apartment price prevails, having basis subjective criteria which can not coincide for different appraisers. The purpose of work is research of dependence of cost of 1 sq.meter area of apartments in the city Yelabuga from descriptions of these apartments. Information is presented the agency of the real estate «Единая Риэлтерская Компания Город». Research object: Resellers is in the city Yelabuga. The basic method of research is a regressive analysis and method of Brandona.

**Keywords:** regressive analysis, factors, estimation of criteria, design, method of Brandon, research of dependence

Объектом исследования выбрана недвижимость в районах города Елабуга, а предметом исследования – сложившийся уровень средней стоимости квадратного метра жилых квартир.

Данные исследования были получены от агентства недвижимости «Единая Риэлтерская Компания Город». Для проведения эконометрического моделирования рынка квартир на основе предложений о продаже квартир была построена выборка, содержащая 100 наблюдений.

Рассмотрев предложения о продаже квартир в городе Елабуга, можно сказать, что целесообразно проводить оценку продажной цены 1 кв. метра квартиры по составлению выборки и подбору возможных факторов, влияющих на стоимость жилья.

В работе рассматривается задача построения аналитической формулы средней стоимости квартиры в зависимости от факторов, влияющих на эту стоимость [1].

Зависимая переменная:  $Y$  – оценка продажной стоимости 1 кв. метра квартиры (в руб).

Независимые переменные: факторы, от которых предположительно зависит цена предложения квартиры.

Они разделяются на 2 типа:

### 1. Количественные:

общая площадь квартиры;  
этажность дома;  
этаж;  
количество комнат в кв. ;  
площадь кухни.

### 2. Качественные (дихотомические):

тип дома (0 – все остальные, 1 – кирпичный);  
наличие балкона/лоджии (0 – нет, 1 – есть);  
расположение дома (0 – все остальное, 1 – периферия);  
санузел (0 – раздельный, 1 – совместный);  
наличие собственного отопления (0 – нет, 1 – есть) и др.

Далее построена матрица парных коэффициентов для устранения мультиколлинеарности, если таковая имеется, и проведен ее анализ. При проверке на мультиколлинеарность были исключены два фактора,

такие как: «Наличие проведенного интернета», «Наличие теплых полов».

Затем для проверки значимости найденных коэффициентов корреляции использовался t-критерий Стьюдента [2].

Фактическое значение этого критерия определяли по формулам

$$t_{\text{рас}} = \frac{|r|}{\sigma_r}; \quad \sigma_r = \frac{1-r^2}{\sqrt{n-1}}. \quad (1).$$

Критическое значение t-статистики Стьюдента при уровне значимости 0,05 и числе степеней свободы 100:  $t_{\text{кр}} \approx 1,984$ .

Факторы  $X_1, X_2, X_3, X_4, X_5, X_6, X_7, X_8, X_{10}, X_{11}, X_{14}$  признаются статистически значимыми, что свидетельствует о наличии устойчивой линейной связи между указанными факторами. Факторы же  $X_9, X_{12}, X_{13}, X_{15}, X_{18}, X_{20}, X_{21}$  признали статистически незначимыми и исключили их из дальнейших расчетов.

Далее провели пошаговый анализ и исключили на каждом шаге наименее связанные факторы из модели.

### Шаг 1.

На первом шаге выявили, что факторы «Расположение дома», «Наличие пластиковых окон», «Наличие проведенного интернета» оказывают наименьшее влияние на стоимость квартиры, т.к.  $t_{\text{расч}} < t_{\text{кр}}$  (1,984). Следовательно, следует исключить эти факторы при проведении дальнейших расчетов.

### Шаг 2.

На втором шаге анализа было выявлено, что факторы «Наличие балкона», «Площадь кухни», «Этажность дома», «Наличие собственного отопления», «Состояние квартиры» оказывает наименьшее влияние на стоимость квартиры, т.к.  $t_{\text{расч}} < t_{\text{кр}}$  (1,984), следовательно исключили их при проведении дальнейших расчетов.

На следующем шаге выяснили, что показатели не проходят через 0. Значение t-статистики больше табличного значения. Следовательно, факторы «Общая площадь», «Тип дома», «Количество комнат» и «Этаж» являются значимыми [3].

Таблица 1

Фактор	Значение коэффициента	Фактическое значение t-критерия Стьюдента
Общая площадь ( $X_1$ )	0,055	12,095
Тип дома ( $X_2$ )	0,071	9,035
Наличие балкона ( $X_3$ )	0,063	9,604
Количество комнат ( $X_4$ )	0,053	12,914
Площадь кухни ( $X_5$ )	0,066	8,969
Этажность дома ( $X_6$ )	0,059	10,950
Этаж ( $X_7$ )	0,088	3,925
Расположение дома ( $X_8$ )	0,060	10,731
Санузел ( $X_9$ )	0,136	1,023
Наличие собственного отопления ( $X_{10}$ )	0,092	3,072
Состояние квартиры ( $X_{11}$ )	0,073	7,229
Наличие телефона ( $X_{12}$ )	0,236	0,982
Наличие домофона ( $X_{13}$ )	0,071	7,702
Серия дома ( $X_{14}$ )	0,079	5,917
Наличие пластиковых окон ( $X_{15}$ )	0,146	1,037
Расположение автобусной остановки ( $X_{18}$ )	0,367	0,652
Наличие парковочного места ( $X_{20}$ )	0,055	12,095
Наличие детской площадки ( $X_{21}$ )	0,071	9,035

В соответствии с полученными расчетными данными модель регрессии в линейной форме будет выглядеть следующим образом:

$$Y = 22669,85313 + 1930,532395 \cdot X_1 + 2799,331466 \cdot X_2 + 1685,33533 \cdot X_4 + 3365,197534 \cdot X_7.$$

Выводитогов								
Регрессионная статистика								
Множественный R	0,905745023							
R-квадрат	0,820374047							
Нормированный R-квадрат	0,795598053			tkp=1,984				
Стандартная ошибка	1983,3542							
Наблюдения	100							
Дисперсионный анализ								
	df	SS	MS	F	Значимость F			
Регрессия	12	1563013176	130251098	33,11165076	2,52902E-27			
Остаток	87	342231367,8	3933693,882					
Итого	99	1905244544						
	Коэффициенты	Стандартная ошибка	t-статистика	P-Значение	Нижние 95%	Верхние 95%	Нижние 95,0%	Верхние 95,0%
Y-пересечение	23519,89153	1353,812268	17,37308198	5,00457E-30	20829,04311	26210,73995	20829,04311	26210,73995
Переменная X 1	42,61454875	46,92623447	2,908117799	0,036632467	-50,6564216	135,8855191	-50,6564216	135,8855191
Переменная X 2	911,560615	461,4670959	2,975353439	0,031398045	-5,655187634	1828,776418	-5,655187634	1828,776418
Переменная X 3	1083,949354	700,3341306	1,998760285	0,046531014	-308,0405356	2475,939243	-308,0405356	2475,939243
Переменная X 4	1113,30443	566,8855245	2,96389638	0,033735054	-13,44191059	2240,05077	-13,44191059	2240,05077
Переменная X 5	150,576702	191,7527867	4,785264739	0,043443165	-230,5527169	531,7061209	-230,5527169	531,7061209
Переменная X 6	488,9770877	217,7352815	2,245741179	0,027254354	56,2046479	921,7495275	56,2046479	921,7495275
Переменная X 7	-156,8082242	141,6355625	-3,107124662	0,002712917	-438,3242355	124,707787	-438,3242355	124,707787
Переменная X 8	2285,394353	478,5060162	1,776103697	7,180739656	1334,311852	3236,476854	1334,311852	3236,476854
Переменная X 10	-990,2758813	633,0104785	-2,564390978	0,012135612	-2248,452725	267,9009622	-2248,452725	267,9009622
Переменная X 11	1305,279436	497,5777543	2,623267267	0,010282934	316,289791	2294,269081	316,289791	2294,269081
Переменная X 13	1135,893045	753,2518831	1,507985669	0,135181117	-361,2766055	2633,062695	-361,2766055	2633,062695
Переменная X 14	-574,3361941	1031,203132	-0,556957379	0,578986558	-2623,964038	1475,29165	-2623,964038	1475,29165

Результаты регрессионного анализа модели Y (X1, X2, X3, X4, X5, X6, X7, X8, X10, X11, X13, X14)

Для проверки значимости уравнения множественной регрессии используют F-критерий Фишера.

F-статистика. Критерий Фишера.

$$R^2 = 1 - \frac{S_r^2}{\sum (y_i - \bar{y})^2} = 1 - \frac{725300511,36}{1905244544} = 0,619;$$

$$F = \frac{R^2}{1 - R^2} \cdot \frac{n - m - 1}{m} = \frac{0,619}{1 - 0,619} \cdot \frac{100 - 4 - 1}{4} = 38,65.$$

Табличное значение при степенях свободы  $k_1 = 4$  и  $k_2 = n - m - 1 = 100 - 4 - 1 = 95$ ,  $F_{kp} = 2,45$ .

Поскольку фактическое значение  $F > F_{kp}$ , то коэффициент детерминации статистически значим и уравнение регрессии статистически надежно.

Таким образом, можно сделать вывод, что мы нашли основные ценообразующие факторы.

### Метод Брандона

Отбор и анализ факторных признаков, включаемых в модель множественной регрессии для Y.

Отбор факторных признаков проводится с помощью частных коэффициентов корреляции, необходимо, чтобы коэффициент корреляции r зависимости между результирующим показателем Y и каждым j-м фактором  $x_j$  должен быть отличен от нуля, и факторы  $x_1, x_2, \dots, x_n$  должны быть попарно независимыми.

На Y оказывают сильное влияние –

$$X_1 (r_{yx1/x2,x4,x7} = 0,793680915508622),$$

умеренное влияние –

$$X_2 (r_{yx2/x1,x4,x7} = 0,630255969061171),$$

причем связь между

$$X_2 \text{ и } X_4 (r_{x2x4/y,x1,x7} = -0,290562532906476)$$

$$\text{и } X_2, X_7 (r_{x2x7/y,x1,x4} = -0,3204296142673921)$$

слабая. Следовательно, в качестве пары факторов для построения множественной регрессии выбираем пару  $X_1, X_2$ .

- общая площадь,  $m^2 - X_1$ ;
- тип дома –  $X_2$ .

### Множественная нелинейная регрессия (Y)

Для построения уравнения множественной нелинейной регрессии был использован метод Брандона.

1. Было вычислено среднее значение:

$$\bar{y} = \frac{1}{N} \cdot \sum_{i=1}^N y_i.$$

Уравнения парной регрессии для  $YX_1$ 

Уравнения регрессии	Коэффициенты	Значимость коэффициентов	$\eta$	$\Delta$	$R^2$	$DW$
Линейная модель:	$a = 0,326410298$	значим	0,96892	0,5569236	0,94369941	1,604775737
	$b = 0,003652100$	значим	значим			
Гиперболическая модель:	$a = 1,423697114$	значим	0,96328	0,6449682	0,93695457	1,423608323
	$b = -129,36212541$	значим	значим			
Степенная модель:	$a = 0,035424169$	значим	0,96579	0,5885643	0,947956446	1,572376096
	$b = 0,549516486$	значим	значим			
Логарифмическая модель:	$a = -2,12369429$	значим	0,96746	0,6365078	0,946553644	1,518589833
	$b = 0,726941258$	значим	значим			
Параболическая модель 2 порядка:	$a = 1,369426984$	значим	0,96987	0,5391269	0,948626549	1,783970503
	$b = -0,003694549$	значим	значим			
	$c = 0,000116621$	значим				
Параболическая модель 3 порядка:	$a = 26,46978416$	значим	0,97568	0,509836	0,95312987	2,07478869
	$b = -0,40399469$	значим	значим			
	$c = 0,000795654$	значим				
	$d = -0,000013699$	значим				

2. Каждое  $i$ -е наблюдение  $y_i$  было преобразовано по формуле

$$y_{0i} = \frac{y_i}{\bar{y}}.$$

3. Для пары переменных  $y_{0i}$  и  $x_{i1}$  так же, как и при парной регрессии, был выбран вид зависимости с максимальным уровнем спецификации по критерию Дарбина – Уотсона и по величине корреляционного отношения  $\eta$ :

$$\tilde{y}_0 = f(x_1) [4].$$

Учитывая значимость коэффициентов регрессии, значимость уравнения в целом, величину корреляционного отношения и коэффициента корреляции (для линейной модели), точность аппроксимации, и отсутствие автокорреляции, в качестве модели выбираем параболическую модель второго порядка:

$$\tilde{y} = 0,000116621 \cdot x_1^2 - 0,004913132 \cdot x_1 + 1,562940175.$$

Была составлена таблица «Уравнения парной регрессии для  $YX_2$ ».

Учитывая значимость коэффициентов регрессии, значимость уравнения в целом, величину корреляционного отношения и коэффициента корреляции (для линейной модели), точность аппроксимации, и отсутствие автокорреляции, в качестве модели выбираем параболическую модель третьего порядка:

$$\tilde{y} = 0,000597339 \cdot x_2^3 - 0,004126985 \cdot x_2^2 + 0,069782134 \cdot x_2 + 0,322159876.$$

После определения  $\tilde{y}_{n-1} = f(x_n)$  строится общая формула множественной регрессии:

$$\tilde{y} = \bar{y} \cdot \prod_{k=0}^{n-1} \tilde{y}_k = \bar{y} \cdot \prod_{k=0}^{n-1} f(x_{k+1}).$$

Она имеет вид:

$$\tilde{y} = 22669,853 \cdot (0,000116621 \cdot x_1^2 - 0,004913132 \cdot x_1 + 1,562940175) \times \\ \times (0,000597339 \cdot x_2^3 - 0,004126985 \cdot x_2^2 + 0,069782134 \cdot x_2 + 0,322159876).$$

#### Экономическая интерпретация уравнения регрессии

Учитывая значимость коэффициентов регрессии, значимость уравнения в целом, величину корреляционного отношения, коэффициента корреляции (для линейной модели) и автокорреляцию остатков, видно, что целесообразнее выбрать параболическую зависимость. Коэффициенты нелинейной модели, построенной методом Брандона, значимы (значит, эти коэффициенты формируются под воздействием неслучайных факторов), корреляционное отношение  $\eta = 0,97549$  достаточно большое (тесная связь между рассматриваемыми признаками), точность аппроксимации высокая (всего 0,55%), автокорреляция остатков отсутствует, значит, именно эта зависимость лучше описывает исходный  $Y$  – стоимости 1 кв. метра квартиры (в руб.) [5].

Уравнение нелинейной зависимости выглядит следующим образом:

$$\tilde{y} = 22669,853 \cdot (0,000116621 \cdot x_1^2 - 0,004913132 \cdot x_1 + 1,562940175) \times \\ \times (0,000597339 \cdot x_2^3 - 0,004126985 \cdot x_2^2 + 0,069782134 \cdot x_2 + 0,322159876).$$

Уравнение в целом значимо, так как коэффициент детерминации очень высок  $R^2 = 0,97394$ , а чем больше его величина, тем больше влияние данных признаков на величину результативного. Таким образом, при повышении стоимости 1 кв. метра квартиры, стоимость общей площади возрастает, соответственно, стоимость квартиры в кирпичном доме будет дороже, чем в панельном.

#### Список литературы

1. Зандер Е.В. Эконометрика: учебно-методический комплекс. – Красноярск, 2003. – 34 с. – С. 19–23.
2. Елисеева И.И., Курышева С.В., Костеева Т.В. и др. Эконометрика / под ред. И.И. Елисеевой. – 2-е изд., перераб. и доп. – М., 2007. – 576 с. – С. 347–352.
3. Исавнин А.Г., Галиев Д.Р. Модели портфельного инвестирования с применением асимметричных мер риска и генетических алгоритмов // Финансовая аналитика: проблемы и решения. – 2011. – № 48. – С. 32–38.
4. Исавнин А.Г., Фархутдинов И.И. Метод оценки экономической эффективности применения производственного

аутсорсинга на автомобилестроительном предприятии России // Региональная экономика : теория и практика. – 2012. – № 13. – С. 16–21.

5. Карп Д.Б. Эконометрика: основные формулы с комментариями: учебно-методическое пособие. – Владивосток, 2004. – 50 с. – С. 40–44.

#### References

1. Zander E.V. Jekonometrika: uchebno-metodicheskij kompleks. Krasnojarsk, 2003. 34 p. pp. 19–23.
2. Eliseeva I.I., Kuryшева S.V., Kosteeva T.V. i dr. Jekonometrika / pod red. I.I. Eliseevoj. 2-e izd., pererab. i dop. M., 2007. 576 p. pp. 347–352.
3. Isavnin A.G., Galiev D.R. Modeli portfel'nogo investirovanija s primeneniem asimmetrichnyh mer riska i geneticheskikh algoritmov // Finansovaja analitika: problemy i reshenija. 2011. no. 48. pp. 32–38.
4. Isavnin A.G., Farhutdinov I.I. Metod ocenki jekonomicheskoj jeffektivnosti primenenija proizvodstvennogo autsorsinga na avtomobilstroitel'nom predprijatii Rossii // Regional'naja jekonomika : teorija i praktika. 2012. no. 13. pp. 16–21.
5. Karp D.B. Jekonometrika: osnovnye formuly s kommentarijami: uchebno-metodicheskoe posobie. Vladivostok, 2004. 50 p. pp. 40–44.