

Для цитирования: Бренинг Д. В., Пашковская О. В., Сенашов С. И., Савостьянова И. Л. Математическое моделирование стоимости вторичного жилья в городе Красноярске в 2017 году // Сибирский журнал науки и технологий. 2018. Т. 19, № 4. С. 581–588. Doi: 10.31772/2587-6066-2018-19-4-581-588

For citation: Brening D. V., Pashkovskaya O. V., Senashov S. I., Savostyanova I. L. [Mathematical modeling of the cost of secondary housing in the city of Krasnoyarsk in 2017]. *Siberian Journal of Science and Technology*. 2018, Vol. 19, No. 4, P. 581–588 (In Russ.). Doi: 10.31772/2587-6066-2018-19-4-581-588

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ СТОИМОСТИ ВТОРИЧНОГО ЖИЛЬЯ В ГОРОДЕ КРАСНОЯРСКЕ В 2017 ГОДУ

Д. В. Бренинг, О. В. Пашковская, С. И. Сенашов*, И. Л. Савостьянова

Сибирский государственный университет науки и технологий имени академика М. Ф. Решетнева
Российская Федерация, 660037, г. Красноярск, просп. им. газ. «Красноярский рабочий», 31

*E-mail: sen@sibsau.ru

Собраны и проанализированы данные по стоимости вторичного жилья в городе Красноярске за 2017 г. Количество объектов – 1609 квартир. Рассмотрены количественные характеристики однокомнатных – четырехкомнатных квартир. Цель работы – выявить факторы, оказывающие существенное влияние на формирование цены квартиры, и построить зависимость стоимости квартиры от этих факторов. Математический аппарат для анализа рассматриваемых зависимостей – корреляционно-регрессионный анализ. Из-за значимого разброса данных этот массив разбит по группам квартир с разным количеством комнат. Результаты статистического анализа полученных совокупностей представлены в виде гистограмм частот. Проанализированы показатели, влияющие на стоимость квартиры. Показано, что существенными являются только 4 фактора: этаж, площадь общая, площадь жилая и площадь кухни. Вычисление проводилось с помощью Excel. Для каждой выборки были рассчитаны основные статистические характеристики. На их основе были сделаны статистические выводы о характере распределения совокупностей. Показано, что для совокупностей однокомнатных, двухкомнатных и трехкомнатных квартир медиана незначительно меньше среднего значения выборки, мода немного меньше медианы, отсутствует длинный хвост распределения. Поэтому среднее значение отражает «центральное значение». Кривая распределения имеет более высокую и острую вершину по сравнению с нормальным распределением. Для однокомнатных и двухкомнатных квартир отличие средней стоимости одного квадратного метра не является статистически значимым. Поэтому в группах одно- и двухкомнатных квартир средние цены одного квадратного метра примерно равны. Такой же эффект – для пары трехкомнатных и четырехкомнатных квартир. В остальных парах различия статистически значимы. Проведенный анализ показывает, что наиболее часто выставляемые на продажу квартиры имеют стоимость, близкую к средней. При разбиении совокупности квартир на группы по числу комнат получают выборки, эмпирические распределения которых близки к нормальным, и, соответственно, построение регрессионных моделей для таких совокупностей обоснованно. Проведенное исследование подтверждает высокое влияние на цену квартиры, предлагаемой к продаже, общей площади и умеренное влияние остальных факторов. Построенные модели адекватно описывают опытные данные.

Ключевые слова: стоимость жилья, МНК, линейная регрессионная многофакторная модель.

MATHEMATICAL MODELING OF THE COST OF SECONDARY HOUSING IN THE CITY OF KRASNOYARSK IN 2017

D. V. Brening, O. V. Pashkovskaya, S. I. Senashov*, I. L. Savostyanova

Reshetnev Siberian State University of Science and Technology
31, Krasnoyarsky Rabochy Av., Krasnoyarsk, 660037, Russian Federation

*E-mail: sen@sibsau.ru

In this article the authors collected and analyzed data on the cost of second housing in the city of Krasnoyarsk in 2017. The number of the objects for analysis accounted for 1609 apartments. The authors considered the quantitative characteristics of one-room, two-room, three-room and four-room apartments. The purpose of the work is to identify the factors that have a significant impact on the formation of the price of the apartment, and build a dependence of the cost of the apartment on these factors. The mathematical apparatus for the analysis of the considered dependences is correlation and regression analysis. Because of the significant spread of data, this array is divided into groups

of apartments with different number of rooms. The results of statistical analysis of the obtained sets are presented in the form of frequency histograms. The indicators that affect the cost of the apartment are analyzed. It is shown that only 4 factors are essential: a floor, a total area, a living room and a kitchen. The calculation was performed using MS Excel. The main statistical characteristics for each sample were calculated in the article. On the basis of these characteristics statistical conclusions about the nature of the distribution of populations were made. The authors showed that the median for one-, two- and three-room apartment complexes is slightly less than the average value of the sample, the fashion is slightly less than the median, and there is no long tail of the distribution. And the average value reflects the "Central value". The distribution curve has a higher and sharper vertex than the normal distribution. For one-room and two-room apartments the difference between the average costs of one square meter is not statistically significant. Therefore, in groups of one- and two-bedroom apartments average prices per square meter are approximately equal. The same effect is for a pair of two-bedroom and four-bedroom apartments. In other pairs differences are statistically significant. The analysis shows that the most frequently offered for sale apartments have a cost close to the average. When dividing a set of apartments into groups by the number of rooms, samples are obtained, the empirical distributions of which are close to normal and, accordingly, the construction of regression models for such sets is justified. The study confirms the high impact on the price of the apartment offered for sale, the total area and the moderate influence of other factors. The constructed models adequately describe the experimental data.

Keywords: housing cost, LSM, linear regression multifactor model.

Введение. Предметом исследований выступают стоимость квартир, продававшихся в 2017 году в городе Красноярске, и факторы, влияющие на ее формирование. Были приняты к рассмотрению количественные характеристики однокомнатных, двухкомнатных, трехкомнатных и четырехкомнатных квартир.

Цель работы – выявить факторы, оказывающие существенное влияние на формирование цены квартиры, и построить зависимость стоимости квартиры от этих факторов. В качестве математического аппарата для анализа рассматриваемых зависимостей был выбран корреляционно-регрессионный анализ.

Постановка задачи. Для анализа были взяты данные из базы данных за 2017 о стоимости квартир в городе Красноярске [1]. Количество наблюдений – 1609. Эта работа продолжает серию статей авторов [2–15] и тесно связанные с ними тематикой работы других авторов. Из-за значимого разброса данных этот массив целесообразно изучать не в совокупности, а по группам квартир с разным количеством комнат. Для проведения анализа и получения необходимых зависимостей были рассмотрены совокупности однокомнатных, двухкомнатных, трехкомнатных и четырехкомнатных квартир. Результаты статистического анализа полученных совокупностей представлены в виде гистограммы полигонов частот (рис. 1–7).

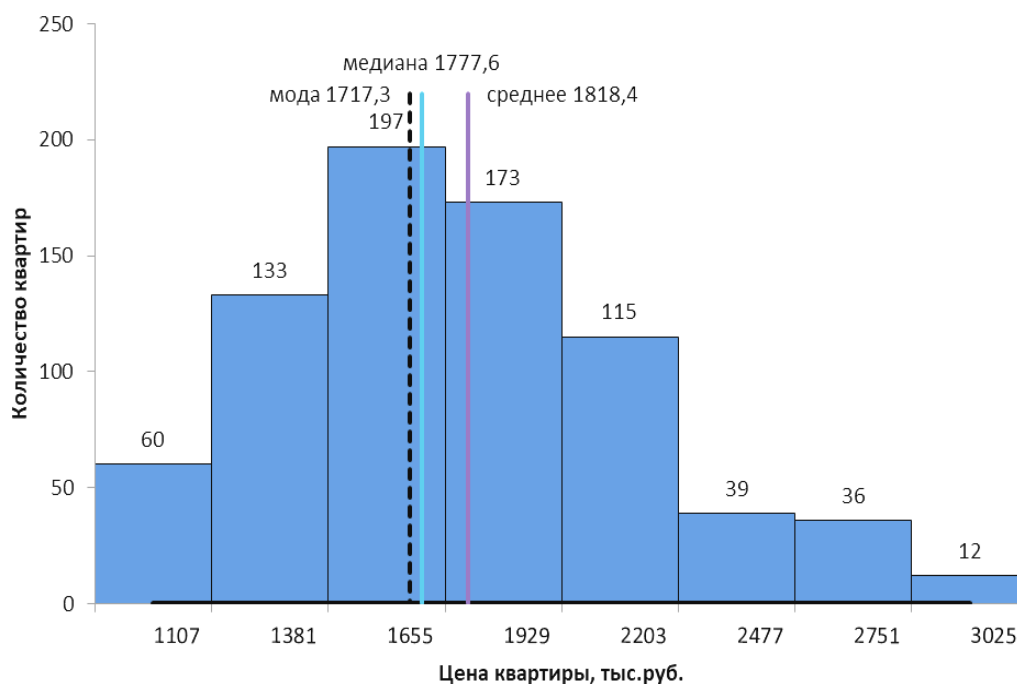


Рис. 1. Распределение однокомнатных квартир по цене

Fig. 1. Distribution of one-room apartments by price

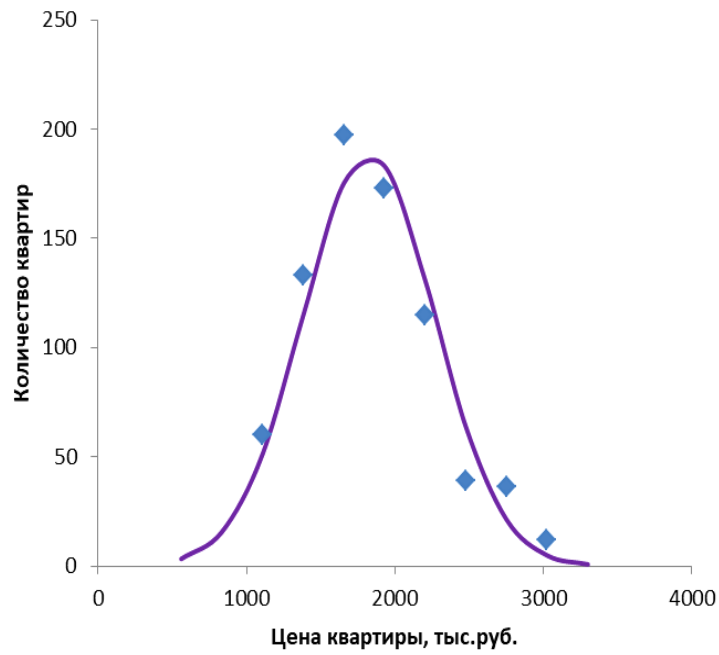


Рис. 2. Сравнение эмпирического распределения цены однокомнатных квартир с теоретическим (нормальным) распределением

Fig. 2. Comparison of the empirical distribution of the price of one-room apartments with a theoretical (normal) distribution

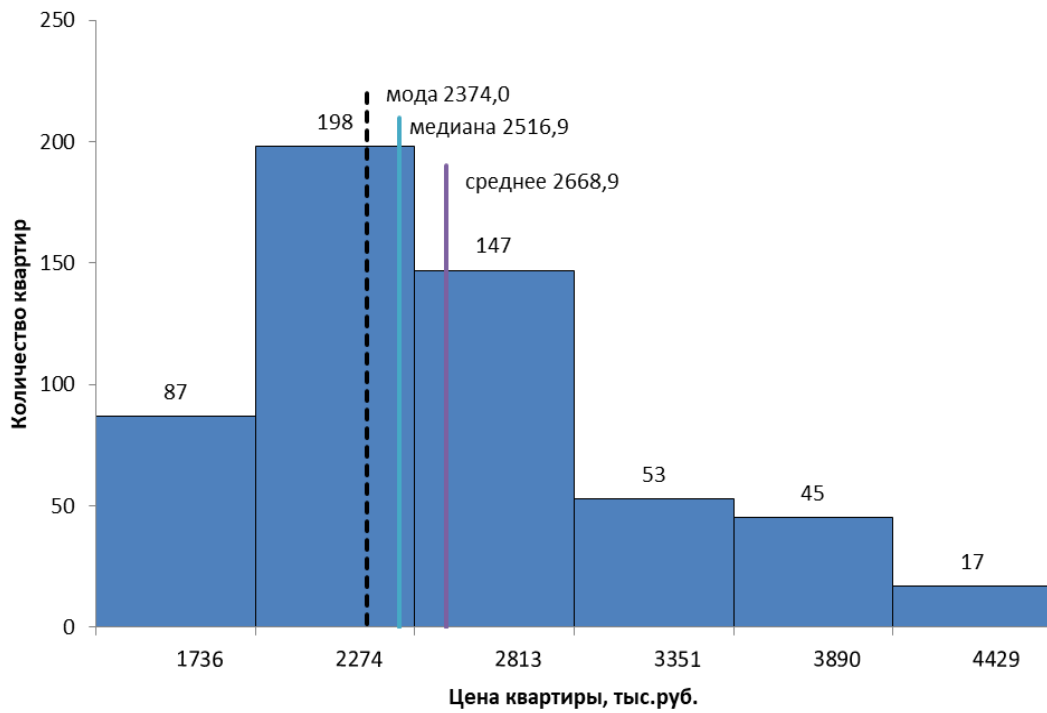


Рис. 3. Распределение двухкомнатных квартир по цене

Fig. 3. Distribution of two-room apartments by price

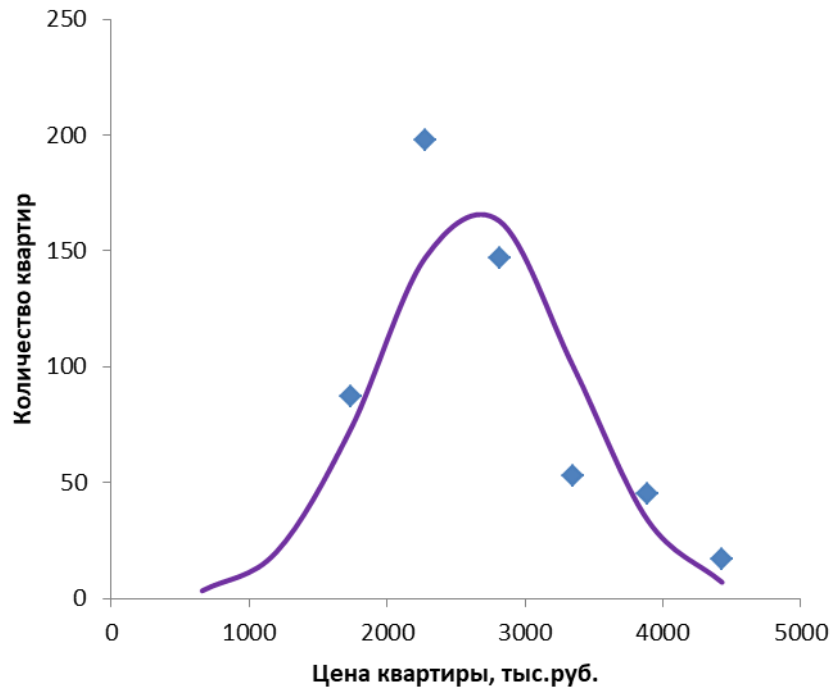


Рис. 4. Сравнение эмпирического распределения цены двухкомнатных квартир с теоретическим (нормальным) распределением

Fig. 4. Comparison of the empirical distribution of the price of two-room apartments with a theoretical (normal) distribution

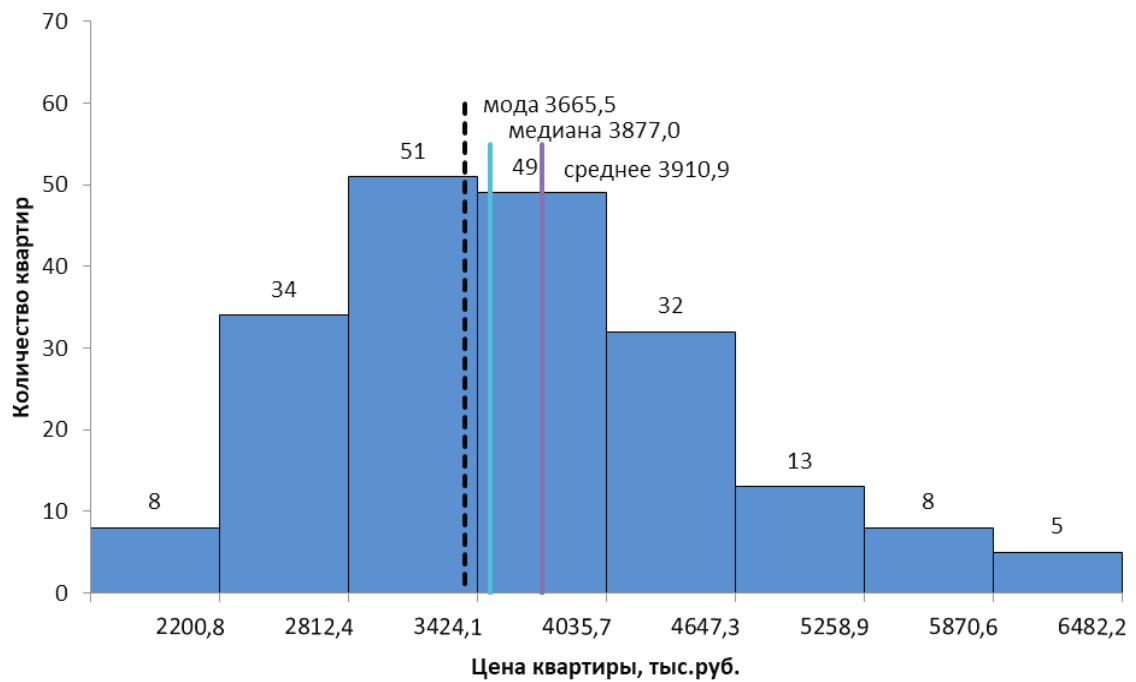


Рис. 5. Распределение трехкомнатных квартир по цене

Fig. 5. Distribution of three-room apartments by price

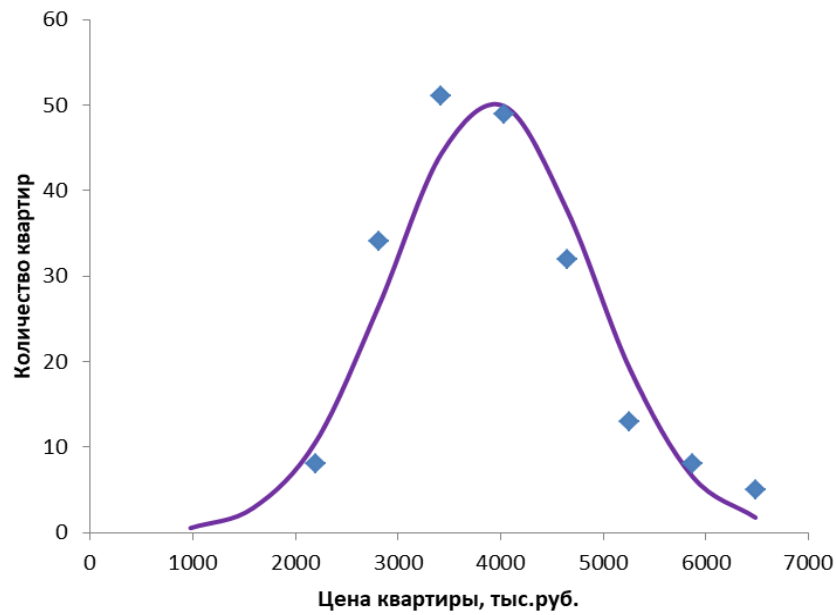


Рис. 6. Сравнение эмпирического распределения цены трехкомнатных квартир с теоретическим (нормальным) распределением

Fig. 6. Comparison of the empirical distribution of the price of three-room apartments with the theoretical (normal) distribution

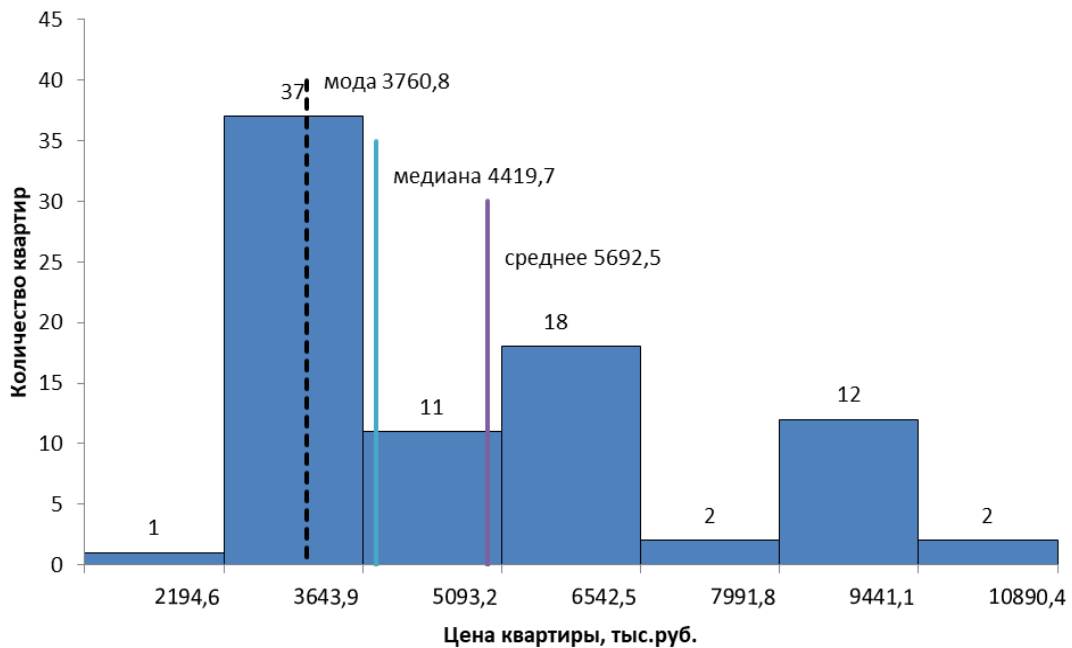


Рис. 7. Распределение четырехкомнатных квартир по цене

Fig. 7. Distribution of four-room apartments by price

Факторы, влияющие на стоимость квартир.

Стоимость квартиры зависит от большого числа факторов и имеет стохастический характер, что обуславливается экономической обстановкой в целом. Оценка квартир должна основываться на анализе нескольких

их характеристик. При учете большого числа показателей квартир задача является достаточно обширной и трудоемкой. Наиболее важными представляются количественные данные, позволяющие математически выявить зависимость. Их и будем рассматривать.

В данной статье проанализированы количественные показатели, влияющие на формирование стоимости квартиры. Учтены четыре фактора: этаж, общая площадь, площадь жилая, площадь кухни. Применяемый эконометрический аппарат позволяет получать статистические закономерности для анализа зависимости между признаками и стоимостью квартиры. Вычисление проводилось с помощью табличного процессора Excel.

Для каждой выборки были рассчитаны основные статистические характеристики (табл. 1). На их основе были сделаны статистические выводы о характере распределения совокупностей. В ходе исследования возникла необходимость разбить совокупность квартир с 4 комнатами на две по стоимости: менее 8 миллионов рублей и более (см. рис. 7).

Проанализируем полученные статистические характеристики. Для совокупностей однокомнатных, двухкомнатных и трехкомнатных квартир медиана незначительно меньше среднего значения выборки, мода немного меньше медианы, отсутствует длинный хвост распределения. Поэтому среднее значение отражает «центральное значение». Кривая распределения имеет более высокую и острую вершину по сравнению с нормальным распределением. На графике частот видно, что незначительная асимметрия – правосторонняя, коэффициенты асимметрии – положительные. Эмпирические распределения близки к нормальному (см. рис. 2, 4 и 6).

Регрессионный анализ. Был проведен регрессионный анализ для каждой выборки. Инструмент анализа «Регрессия» применяется для подбора параметров уравнения регрессии с помощью метода наименьших квадратов. Регрессия используется для анализа воздействия на отдельную зависимую переменную значений одной или нескольких независимых переменных.

Для каждой совокупности построены уравнения регрессии. Для анализа общего качества уравнения линейной многофакторной регрессии был использован множественный коэффициент детерминации R^2 . Множественный коэффициент детерминации определяет долю вариации результативного признака, обусловленную изменением факторных признаков, входящих в многофакторную регрессионную модель. Качество построенной регрессионной модели выражается степенью соответствия между исходными данными и теоретическими значениями.

Наряду с проверкой значимости уравнений регрессии в целом, проверена статистическая значимость каждого параметра на основе t -критерия Стьюдента. Если часть вычисленных коэффициентов регрессии не обладала необходимой степенью значимости, т. е. рассчитанные значения t -статистик данных коэффициентов были меньше порогового значения, то такие переменные были исключены из уравнения регрессии и построено укороченное уравнение. Все построенные уравнения занесены в табл. 2.

Таблица 1

Основные статистические характеристики совокупностей

Показатель	Число комнат				
	1	2	3	4	
				До 8 млн руб.	Свыше 8 млн руб.
Средняя цена, тыс. руб.	1818,4	2668,9	3910,9	4796,8	10107,2
Медиана, тыс. руб.	1777,6	2516,9	3877,0	4300,5	9898,0
Мода, тыс. руб.	1717,3	2374,0	3665,5	4342,9	9898,0
Стандартное отклонение, тыс. руб.	431,4	670,2	969,9	1341,2	655,1
Эксцесс	0,100	0,053	0,030	-0,590	3,143
Коэффициент асимметрии	0,613	0,774	0,562	0,577	2,059
Размах вариации, тыс. руб.	2192	3232	4893	6105	2020
Минимум, тыс. руб.	970	1466	1895	1470	9595
Максимум, тыс. руб.	3162	4698	6788	7575	11615
Объем совокупности	765	547	200	69	14

Таблица 2

Уравнения регрессии, отражающие зависимость цены квартиры от факторных признаков

Совокупность	Полное уравнение (в скобках указаны наблюдаемые значения t -статистик)	«Укороченное» уравнение
Однокомнатные	$y = 15,39 - 0,62x_1 + 51,28x_2 - 7,36x_3 - 3,30x_4$ (-0,33) (20,29) (-2,69) (-0,97) $R^2 = 0,506$	$y = 37,10 + 49,67x_2 - 6,93x_3$ (27,86) (-2,59) $R^2 = 0,506$
Двухкомнатные	$y = -446,00 - 1,08x_1 + 57,37x_2 - 1,58x_3 + 0,65x_4$ (-0,34) (22,56) (-0,53) (1,99) $R^2 = 0,524$	$y = -476,00 + 56,92x_2 + 6,93x_4$ (24,17) (1,97) $R^2 = 0,526$
Трехкомнатные	$y = -765,05 - 9,31x_1 + 57,79x_2 + 5,95x_3 + 6,845x_4$ (-1,46) (12,00) (1,46) (0,90) $R^2 = 0,716$	$y = -945,45 + 63,39x_2$ (22,33) $R^2 = 0,714$
Четырехкомнатные	$y = -2570,25 - 26,28x_1 + 95,55x_2 - 21,54x_3 - 28,49x_4$ (-2,92) (17,37) (-3,39) (-3,75) $R^2 = 0,946$	–

Таблица 3

Корреляция между ценой квартиры и факторными признаками

Совокупность	Общая площадь квартиры (X_2)		Площадь кухни (X_4)	
	Коэффициент корреляции	Теснота связи	Коэффициент корреляции	Теснота связи
Однокомнатные	$r_{yx_2} = 0,709$	Связь тесная	$r_{yx_4} = 0,480$	Связь умеренная
Двухкомнатные	$r_{yx_2} = 0,724$	Связь тесная	$r_{yx_4} = 0,141$	Связь слабая
Трехкомнатные	$r_{yx_2} = 0,846$	Связь тесная	$r_{yx_4} = 0,559$	Связь умеренная
Четырехкомнатные	$r_{yx_2} = 0,962$	Связь очень тесная	$r_{yx_4} = 0,230$	Связь слабая

Таблица 4

Средняя цена одного квадратного метра жилья

Совокупность	Средняя цена, тыс. руб.	Общая средняя, тыс. руб.
Однокомнатные	47,48	49,04
Двухкомнатные	48,41	
Трехкомнатные	51,05	
Четырехкомнатные	52,79	

Регрессионные уравнения выражают зависимость цены квартиры – эндогенной переменной (Y), от экзогенных переменных: этажа (X_1), общей площади квартиры (X_2), жилой площади (X_3), площади кухни (X_4).

Как показывает анализ построенных уравнений, существенное влияние на цену квартиры оказывают следующие факторы: между ценой квартиры (Y) и общей площадью квартиры (X_2) связь тесная, прямая; между ценой квартиры (Y) и площадью кухни (X_4) связь умеренная, прямая. Парные коэффициенты линейной корреляции между этими признаками представлены в табл. 3.

Для каждой совокупности квартир вычислили среднюю стоимость квадратного метра жилья (табл. 4).

С помощью t -критерия определили, что для однокомнатных и двухкомнатных квартир отличие средней стоимости одного квадратного метра жилья не является статистически значимым с вероятностью 95 % (равенство дисперсий не предполагается). Таким образом, можно считать, что в группах одно- и двухкомнатных квартир средние цены одного квадратного метра примерно равны. Такой же эффект – для пары трехкомнатных и четырехкомнатных квартир. В остальных парах: 2-комнатные и 3-комнатные, 2-комнатные и 4-комнатные, 1-комнатные и 3-комнатные, 1-комнатные и 4-комнатные, различия статистически значимы.

Заключение. Проведенный анализ показывает, что на цену квартиру оказывает влияние большое количество факторов, тем не менее, наиболее часто выставлены на продажу квартиры со стоимостью, близкой к средней. При разбиении совокупности квартир на группы по числу комнат получают выборки, эмпирические распределения которых близки к нормальным, и, соответственно, построение эконометрических регрессионных моделей для таких совокупностей теоретически обосновано. Основное влияние на цену квартиры оказывает их площадь. Результаты проведенного исследования могут быть использованы для анализа явления и составления прогнозов.

Библиографические ссылки

1. Квартиры Красноярска 2017. Рынок вторичного жилья : свид. 20186621065 / Д. В. Бренинг, И. Л. Савостьянова, С. И. Сенашов, И. В. Томаровская ; заявитель и правообладатель ФГБОУ ВО СибГУ им. М. Ф. Решетнева (RU). № 20186621065. Дата регистрации 12 июля 2018. Реестр баз данных. 1 с.
2. Моделирование стоимости жилья на вторичном рынке недвижимости в г. Красноярске в 2016 году / О. В. Пашковская [и др.] // Сибирский журнал науки и технологий. 2017. Т. 18, № 4. С. 788–796.
3. Сенашов С. И., Юферова Н. Ю., Грошак Е. В. Моделирование стоимости жилья в г. Красноярске : монография / СибГТУ. Красноярска, 2007. 204 с.
4. Сенашов С. И., Юферова Н. Ю., Вайтекунене Е. Л. Эконометрическое моделирование стоимости жилья в Красноярске : монография / Сиб. гос. аэрокосмич. ун-т. Красноярска, 2015. 178 с.
5. Сенашов С. И., Юферова Н. Ю., Сурнина Е. В. Информационная система оценки стоимости квартир на вторичном рынке жилья как инструмент управления инвестициями // Вестник СибГАУ. 2009. № 4(25). С. 219–223.
6. Cost estimation of information system of apartments at secondary housing markets as a management investment tool / S. I. Senashov [at al.] // Vestnik SibSAU. 2009. № 5(26). P. 154–157.
7. Актуальное моделирование недвижимости в Красноярске / С. И. Сенашов и [др.] // Вестник СибГАУ. 2013. № 2. С. 86–91.
8. Денисенко И. К., Сенашов С. И., Юферова Н. Ю. Моделирование стоимости жилья в Красноярске // Вестник Сиб. гос. технологич. ун-та. 2000. № 1. С. 185–190.
9. Медведева О. А., Сорокина О. П., Савостьянова И. Л. Моделирование стоимости жилья Советского района г. Красноярска за 2015 год // Актуальные проблемы авиации и космонавтики : материалы III Междунар. науч.-практ. конф., посвященной Дню космонавтики. 2017. Т. 2 С. 374–377.

10. Simulation of the cost of residential properties in Krasnoyarsk for 2013–2014 / С. И. Сенашов [и др.] // Вестник СибГАУ. 2016. Т. 17, № 3. С. 830–836.

11. Методы оценки земельных участков / С. И. Сенашов [и др.] // Решетневские чтения. 2009. Т. 2, № 13. С. 549–650.

12. Сурнина Е. В., Сенашов С. И. Использование ГИС-технологий для оценки стоимости квартир // Актуальные проблемы авиации и космонавтики. 2010. Т. 1, № 6. С. 444–445.

13. Сенашов С. И., Савостьянова И. Л. Эконометрическое моделирование стоимости жилья // Лесной и химический комплексы – проблемы и решения : материалы Всерос. науч.-практ. конф. Красноярск, 2016. Т. 2. С. 235–236.

14. Савченко Л. М., Юзаева А. Г., Сенашов С. И. Моделирование стоимости жилья в г. Красноярске за 2013 год // Проспект Свободный-2016 : сб. материалов Междунар. конф. студентов, аспирантов и молодых ученых. 2016. С. 67–70.

15. Русакова А. А., Стародубцев А. А., Сенашов С. И. Моделирование стоимости жилья Центрального района города Красноярска // Актуальные проблемы авиации и космонавтики : сб. материалов III Междунар. науч.-практ. конф. 2017. Т. 2. С. 398–401.

References

1. Brening D. V., Savostyanova I. L., Senashov S. I., Tomarovskaya I. V. *Kvartiry Krasnoyarska 2017. Vtorichnyy rynek* [Flats of Krasnoyarsk 2017. Secondary market]. Svidetelstvo o gosudarstvennoy registratsii bazy dannykh № 20186621065.

2. Pashkovskaya O. V. et al. *Modelirovanie stoimosti zhil'ya na vtorichnom rynke nedvizhimosti v g. Krasnoyarske v 2016 godu* [Modeling the cost of housing in the secondary real estate market in Krasnoyarsk in 2016]. *Siberian Journal of Science and Technology*. 2017, Vol. 18, No. 4, P. 788–796 (In Russ.).

3. Senashov S. I., Yuferova N. Yu., Groshak E. V. *Modelirovaniye stoimosti zhil'ya v g. Krasnoyarske* [Simulation of the cost of residential property in the city of Krasnoyarsk]. Krasnoyarsk, SibGTU Publ., 2007, 204 p.

4. Senashov S. I., Yuferova N. Yu., Vaytekunene E. L. *Ekonometricheskoe modelirovaniye stoimosti zhil'ya v Krasnoyarske* [Econometric modeling of residential prop-

erty cost in Krasnoyarsk]. Krasnoyarsk, SibGAU Publ., 2015, 178 p.

5. Senashov S. I., Juferova N. Yu., Surnina E. V. [Information system of valuation of apartments on the secondary market as a tool for investment management]. *Vestnik SibGAU*. 2009, No. 4 (25). P. 219–223 (In Russ.).

6. Senashov S. I. et al. [Cost estimation of information system of apartments at secondary housing markets as a management investment tool]. *Vestnik SibGAU*. 2009, No. 5, P. 154–157 (In Russ.).

7. Senashov S. I. [Real-life simulation of real estate in Krasnoyarsk]. *Vestnik SibGAU*. 2013, No. 2, P. 86–91 (In Russ.).

8. Denisenko I. K., Senashov S. I., Juferova N. Yu. [Modeling the cost of housing in Krasnoyarsk] *Vestnik Sib. gos. tehnologich. un-ta*. 2000, No. 1, P. 185–190 (In Russ.).

9. Medvedeva O. A., Sorokina O. P., Savostyanova I. L. [Modeling the cost of housing in the Soviet district of Krasnoyarsk in 2015]. *Aktulnye problemy aviatsii i kosmonavтики*. 2017, Vol. 2, P. 374–377 (In Russ.).

10. Senashov S. I., Savostyanova I. L., Yuzaeva A. G., Savchenko L. M. [Simulation of the cost of residential properties in Krasnoyarsk for 2013–2014]. *Vestnik SibGAU*. 2016, Vol. 17, No. 3, P. 830–836 (In Russ.).

11. Senashov S. I., Surnina E. V., Puzanova G. A., Filyushina E. V. [Methods of valuation of land]. *Reshetnevskie chteniya*. 2009, Vol. 2, No. 13, P. 549–650 (In Russ.).

12. Surnina E. V., Senashov S. I. [The use of GIS technology for estimation of cost of apartments]. *Aktulnye problemy aviatsii i kosmonavтики*. 2010, Vol. 1, No. 6, P. 444–445 (In Russ.).

13. Senashov S. I., Savostyanova I. L. [Econometric modeling of the cost of housing]. *Lesnoy i khimicheskiy komplekсы – problemy i resheniya*. 2016, Vol. 2, P. 235–236 (In Russ.).

14. Savchenko L. M., Yusaeva A. G., Senashov S. I. [Modeling the cost of housing in the city of Krasnoyarsk in 2013]. *Prospekt Svobodnyy-2016*. 2016, P. 67–70 (In Russ.).

15. Rusakova A. A., Starodubtsev A. A., Senashov S. I. [Modeling the cost of housing in the Central district of Krasnoyarsk]. *Aktulnye problemy aviatsii i kosmonavтики*. 2017, Vol. 2, P. 398–401 (In Russ.).

© Бренинг Д. В., Пашковская О. В.,
Сенашов С. И., Савостьянова И. Л., 2018