

А. Е. Фёдорова, Д. А. Зубович,
студенты III курса Института бизнеса БГУ
Научный руководитель:
старший преподаватель
Е. А. Чудинова

ЭКОНОМЕТРИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ СТОИМОСТИ ВТОРИЧНОГО ЖИЛЬЯ В ГОРОДЕ МИНСКЕ

Рынок недвижимости – определенный набор механизмов, посредством которых передаются права на собственность и связанные с ней интересы, устанавливаются цены и распределяется пространство между различными конкурирующими вариантами землепользования [4]. Рынок жилья занимает особое место в составе рынка недвижимости.

Вторичный рынок недвижимости оперирует жильем, бывшим в эксплуатации. Если на первичном рынке продавцами жилья выступают компании-застройщики, то вторичное жилье продают в основном те граждане, которые в нем живут или им владеют.

Можно предположить, что существует определенная закономерность ценообразования на вторичном рынке жилой недвижимости, т. е. имеется конкретный набор характеристик недвижимости, которыми руководствуются собственники при формировании продажной цены [1]. Зависимость продажной стоимости квартиры от определенных факторов – это предмет исследования.

Цель данной работы – построить модель, описывающую вторичный рынок жилья в городе.

Выборка, отражающая темпы изменения стоимости, была сформирована на основе данных об объектах жилой недвижимости в различных районах города Минска. Было сделано 62 наблюдения по состоянию на апрель 2024 г.

В качестве рассматриваемых факторов, влияющих на стоимость квартиры, взяты следующие: общая площадь, удаленность от метро, тип дома, ремонт, год постройки и количество комнат. Данные факторы являются наиболее влияющими и отличающимися продаваемые квартиры.

В качестве зависимой или эндогенной переменной выступает PRICE – цена предложения квартиры в тысячах белорусских рублей.

В качестве объясняющих или экзогенных переменных для нашего исследования были отобраны:

1. PL_ALL – общая площадь квартиры (в кв. метрах). Количественная переменная, принимает только положительные значения.

2. METRO – расстояние до ближайшей станции метро (в минутах ходьбы). Количественная переменная, принимает только положительные значения.

3. TYPE – тип дома. Качественная переменная. Может принимать значения: 0 – кирпичный, 1 – панельный.

4. REMONT – наличие ремонта. Качественная переменная. Может принимать значения: 0 – без ремонта, 1 – с ремонтом.

5. ROOM – количество комнат. Количественная переменная, принимает только положительные значения.

6. YEAR – год постройки дома. Количественная переменная, принимает только положительные значения.

Описательная статистика для переменных, представленная на рис. 1 отображает, что общая площадь квартир в нашей выборке изменяется от 22 до 188 кв. м, а средняя цена квар-

тиры равна 299 тыс. бел. руб. Среднее значение переменной REMONT, равное 0,6396, говорит нам о том, что 63,9 % квартир продаются с готовым ремонтом.

	Mean	Median	S.D.	Min	Max
PL_ALL	62.47	55.10	30.85	22.00	188.3
METRO	18.49	10.00	19.07	1.000	99.00
TYPE	0.5410	1.000	0.5025	0.0000	1.000
REMONT	0.6393	1.000	0.4842	0.0000	1.000
ROOM	2.197	2.000	0.9970	1.000	5.000
YEAR	1992	1994	25.41	1947	2020
PRICE	299.8	262.1	158.5	112.7	979.4

Рис. 1. Описательная статистика для переменных

Далее для выявления линейной зависимости между данными была построена корреляционная матрица. PRICE является результирующей переменной, т. е. Y, и благодаря корреляционной матрице на рис. 2 и на рис. 3 можно увидеть, что не все факторные переменные коррелируют с результирующей переменной Y.

Correlation Coefficients, using the observations 1 - 61
Two-tailed critical values for n = 61: 5% 0.2521, 1% 0.3274

PL_ALL	METRO	ROOM	YEAR	PRICE	
1.0000	0.1175	0.8080	0.2697	0.8541	PL_ALL
	1.0000	0.0395	0.2012	-0.0388	METRO
		1.0000	0.0309	0.5743	ROOM
			1.0000	0.3291	YEAR
				1.0000	PRICE

Рис. 2. Корреляционная матрица в числовом выражении

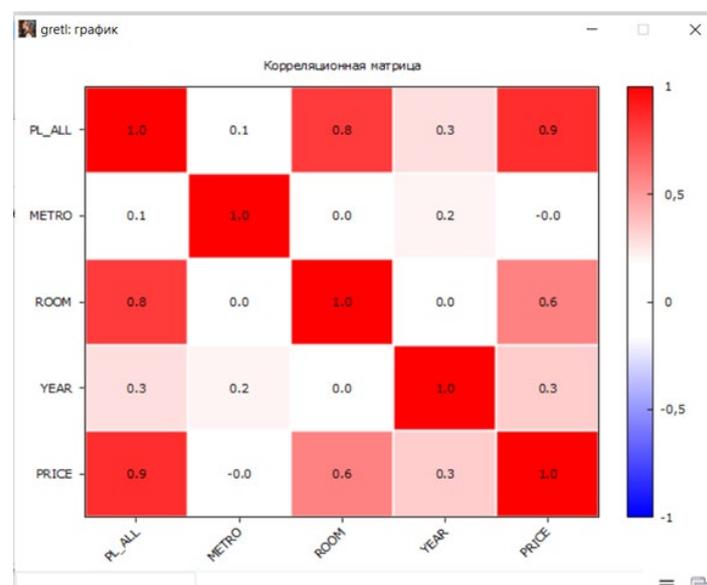


Рис. 3. Корреляционная матрица

Как можно заметить, присутствует сильная положительная линейная зависимость между площадью и стоимостью, а переменная METRO негативно влияет на конечную стоимость вторичного жилья.

Построив несколько различных моделей, было выявлено, что наиболее значимой является следующая модель, имеющая уравнение регрессии по формуле (1):

$$PRICE = 41,625 + 4,471PL_{ALL} - 1,175METRO \quad (1)$$

Отчет результата модели представлен на рис. 4. Однако для более подробного и точного анализа было необходимо произвести проверку на мультиколлинеарность и гетероскедастичность.

Модель 9:
OLS, using observations 1-62
Dependent variable: PRICE

	coefficient	std. error	t-ratio	p-value	
const	41,6245	24,5492	1,696	0,0952	*
PL_ALL	4,47128	0,337897	13,23	2,62e-019	***
METRO	-1,17484	0,546641	-2,149	0,0357	**

Mean dependent var	299,5919	S.D. dependent var	157,2259
Sum squared resid	379458,0	S.E. of regression	80,19658
R-squared	0,748357	Adjusted R-squared	0,739826
F(2, 59)	87,72937	P-value (F)	2,10e-18
Log-likelihood	-358,2745	Akaike criterion	722,5490
Schwarz criterion	728,9304	Hannan-Quinn	725,0545

Рис. 4. Отчет модели $PRICE = 41,6 + 4,5PL_{ALL} - 1,2METRO$

Проверка на гетероскедастичность с помощью теста Вайта представлена на рис. 5.

White's test for heteroskedasticity (squares only)
OLS, using observations 1-62
Dependent variable: uhat^2

	coefficient	std. error	t-ratio	p-value	
const	-14364,4	8152,72	-1,762	0,0834	*
PL_ALL	376,284	205,882	1,828	0,0728	*
METRO	128,921	253,473	0,5086	0,6130	
sq_PL_ALL	-0,900388	1,06912	-0,8422	0,4032	
sq_METRO	-1,56742	3,00103	-0,5223	0,6035	

Unadjusted R-squared = 0,223026

Test statistic: $TR^2 = 13,827589$,
with p-value = $P(\text{Chi-square}(4) > 13,827589) = 0,007866$

Рис. 5. Проверка на гетероскедастичность

Можно сделать вывод, что модель не является гомоскедастичной. Далее была проведена проверка на мультиколлинеарность с помощью метода инфляционных факторов (рис. 6).

```

Variance Inflation Factors
Minimum possible value = 1.0
Values > 10.0 may indicate a collinearity problem

    PL_ALL    1,014
    METRO     1,014

VIF(j) = 1/(1 - R(j)^2), where R(j) is the multiple correlation coefficient
between variable j and the other independent variables

```

Рис. 6. Проверка на мультиколлинеарность

Значения коэффициентов VIF для переменных PL_ALL, METRO соответственно 1,014 и 1,014, что говорит об отсутствии мультиколлинеарности, так как значения меньше 10.

Так как в модели наблюдается гетероскедастичность, далее были использованы другие методы для получения эффективных оценок. Так, были использованы робастные оценки, но коэффициент детерминации R^2 не увеличился, далее была построена модель, представленная на рис. 7, с поправками на гетероскедастичность, однако и это не привело к повышению значимости модели.

```

gretl: model 6
File Edit Tests Save Graphs Analysis LaTeX
Model 6: Heteroskedasticity-corrected, using observations 1-62
Dependent variable: PRICE

-----
              coefficient   std. error   t-ratio   p-value
-----
const          58,1206         16,4339         3,537     0,0008 ***
PL_ALL         3,92033          0,396888         9,878     4,07e-014 ***
METRO         -0,631907         0,413828        -1,527     0,1321

Statistics based on the weighted data:

Sum squared resid   267,9817   S.E. of regression   2,131212
R-squared           0,623437   Adjusted R-squared   0,610672
F(2, 59)           48,84009   P-value (F)          3,07e-13
Log-likelihood      -133,3515   Akaike criterion     272,7030
Schwarz criterion   279,0844   Hannan-Quinn         275,2085

Statistics based on the original data:

Mean dependent var   299,5919   S.D. dependent var   157,2259
Sum squared resid   404630,8   S.E. of regression   82,81395

```

Рис. 7. Модель с поправкой на гетероскедастичность

После чего было принято решение использовать взвешенный метод наименьших квадратов. Для этого необходимо было проанализировать графики, представленные на рис. 8, чтобы определить, какая экзогенная переменная больше всего влияет на изменение остатков.

Исходя из графиков видно, что дисперсия становится больше с увеличением площади, поэтому было решено брать за фактор пропорциональности Z переменную PL-ALL и использовали ее в качестве весовой переменной для построения модели с помощью взвешенного метода наименьших квадратов. В результате чего мы получили модель, где оценки стали эффективными ввиду того, что нет гетероскедастичности, более того наш коэффициент детерминации увеличился и уже подходит под понятие адекватной и качественной модели (рис. 9).

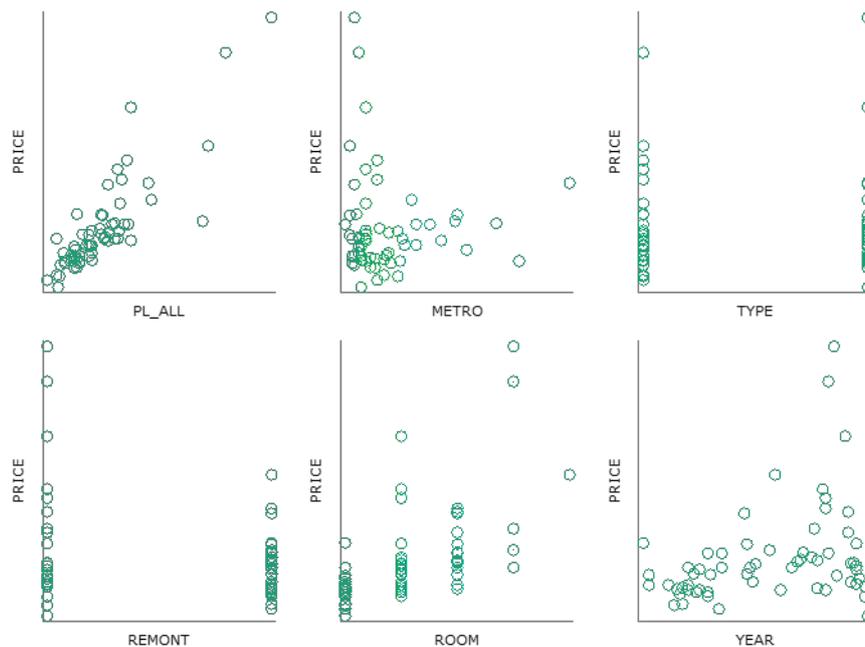


Рис. 8. Графики разброса остатков в зависимости от экзогенных переменных

Исходя из графиков видно, что дисперсия становится больше с увеличением площади, поэтому было решено брать за фактор пропорциональности Z переменную PL-ALL и использовали ее в качестве весовой переменной для построения модели с помощью взвешенного метода наименьших квадратов. В результате чего мы получили модель, где оценки стали эффективными ввиду того, что нет гетероскедастичности, более того наш коэффициент детерминации увеличился и уже подходит под понятие адекватной и качественной модели (рис. 9).

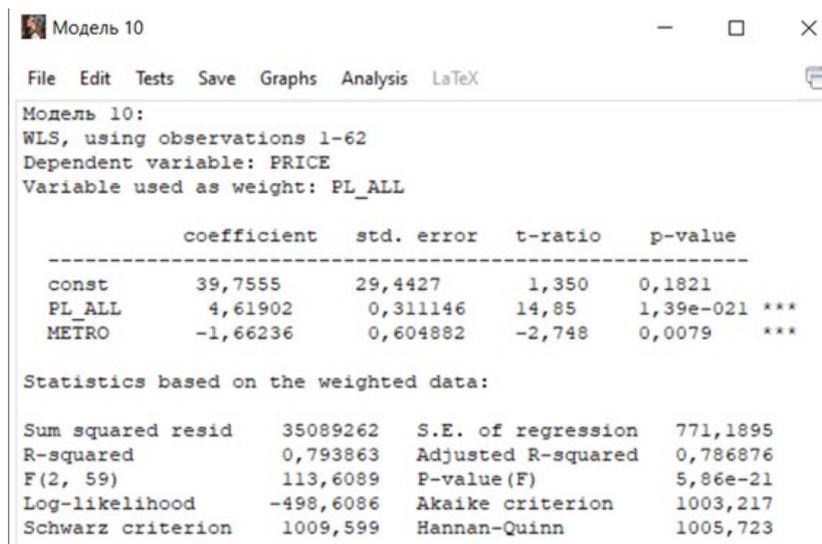


Рис. 9. Модель, построенная с помощью взвешенного МНК

В результате эконометрического анализа была построена следующая модель по формуле

$$PRICE = 39,756 + 4,619PL_{ALL} - 1,662METRO \quad (2)$$

Данная модель является адекватной и значимой, как и коэффициенты при переменных, более того, все предпосылки МНК были выполнены. Таким образом, можно сделать вывод, что с увеличением общей площади квартиры на 1 м^2 в среднем для квартир вторичного рынка жилья приводит к увеличению средней цены на 4 619 бел. р. В то же время мы наблюдаем, что дополнительная минута до ближайшей станции метро в среднем обеспечивает снижение цены на 1 662 бел. р.

Список использованных источников

1. Костылев, А. В. Математическое моделирование детерминант выпуска продукции и цен на региональном рынке жилья / А. В. Костылев // В мире научных открытий. – 2013. – № 12. – С. 183–198.
2. Национальный статистический комитет Республики Беларусь [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://belstat.gov.by/>. – Дата доступа: 18.04.2024.
3. Статистика и аналитика цен на квартиры в Минске [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://realt.by/statistics/>. – Дата доступа: 15.04.2024.
4. Устюшенко, Н. А. Рынок недвижимости: этапы развития и настоящее / Н. А. Устюшенко // Экономика, финансы, управление. – 2012. – № 2. – С. 29–41.
5. Хацкевич, Г. А. Эконометрика : учебник / Г. А. Хацкевич, Т. В. Русилко. – Минск : РИВШ, 2021. – 452 с.