

УДК 336.226.212.1

Г.Э. Букалов

G.E. Bukalov

Пермский национальный исследовательский политехнический университет

Perm National Research Polytechnic University

**ПОСТРОЕНИЕ УРАВНЕНИЯ МНОЖЕСТВЕННОЙ РЕГРЕССИИ
ДЛЯ ОБОСНОВАНИЯ ЦЕНООБРАЗУЮЩИХ ФАКТОРОВ
КАДАСТРОВОЙ ОЦЕНКИ ЗЕМЛИ**

**CONSTRUCTION OF THE EQUATION OF MULTIPLE
REGRESSION FOR THE RATIONALE OF PRICE-BASED
FACTORS OF THE EARTH'S CADASTRE EVALUATION**

Описан принцип обоснования ценообразующих факторов кадастровой оценки земельных участков под объектами коммерческой недвижимости на основе множественного регрессионного анализа. Приводится первичный вариационный ряд объектов коммерческой недвижимости, выявленных в результате мониторинга объявлений о продаже. Показаны результаты экономического анализа результатов построения уравнений множественной регрессии.

Ключевые слова: ценообразующие факторы, кадастровая оценка, факторные признаки, критерий Фишера, коэффициент корреляции, парная регрессия, множественная регрессия, линейная модель, уравнение регрессии.

The article describes the principle of justifying the pricing factors of cadastral valuation of land plots under commercial real estate objects on the basis of multiple regression analysis. The primary variational series of commercial real estate objects revealed as a result of monitoring of sales announcements is given. The results of the economic analysis of the results of constructing the multiple regression equations are shown.

Keywords: pricing factors, cadastral valuation, factor characteristics, Fisher's criterion, correlation coefficient, paired regression, multiple regression, linear model, regression equation

Необходимость соблюдения платного характера использования земельных участков – установление справедливого земельного налога и размера арендной платы – требует от органов власти четкой и прозрачной процедуры по расчету справедливой стоимости земель. Результаты такой оценки не должны быть искусственно занижены или завышены. Только в таком случае, с одной стороны, будут обеспечены частные и публичные интересы всех участников, а с другой – пополнение в должном объеме бюджетов различных уровней налоговыми и арендными платежами [1].

Для расчета кадастровой стоимости земельных участков требуется произвести отбор существенных ценообразующих факторов. На последующих этапах оценки целесообразно построение многомерных моделей с последующей оценкой адекватности, устойчивости и универсальности полученной модели с использованием статистических методов. Из анализа для последующего построения модели, отвечающей признакам адекватности и эффективности полученных результатов, необходимо исключить факторы, имеющие незначительные коэффициенты корреляции [2].

Для обоснованного выбора из полного множества ценообразующих факторов кадастровой стоимости земельных участков для включения их в модель комплексного оценивания необходимо на первоначальном этапе анализа определить степень влияния этих факторов на кадастровую стоимость.

Для обоснованного выбора были проанализированы основные факторы, влияющие на стоимость земельных участков исходя из экспертного мнения представителей аналитических организаций, практики оценки и учебной литературы. Среди них можно выделить следующие (основные): местоположение, физические характеристики (площадь, рельеф, форма), технические характеристики (коммуникации, наличие построек) и правовые факторы (вид права, вид разрешенного использования).

Для определения степени влияния основных переменных (ценообразующих факторов) на интегральный показатель (стоимость земельного участка) были опрошены посредством специально разработанных анкет основные представители экспертно-оценочного сообщества: ООО «ЦЭОС», ООО «АРИН», GVA Sawyer, ЗАО «Агентство Бекар», ООО «ФК-Аудит», Deloitte-Touche [3].

Данные опроса показали, что большинство экспертов склоняются к мнению, что наибольшим образом на стоимость земельных участков под коммерческими объектами оказывают влияние следующие факторы:

- 1) наличие (отсутствие) зданий и сооружений на земельном участке (X_1);
- 2) транспортная доступность, в том числе шаговая (для некоторых видов коммерческой недвижимости, например торговой) (X_2);
- 3) месторасположение земельных участков согласно правилам землепользования и застройки (X_3);
- 4) конфигурация земельных участков (X_4);
- 5) обеспечение инженерными коммуникациями земельных участков (X_5);
- 6) вид передаваемого права (X_6);

На первоначальном этапе статистического анализа был проведен сбор информации по продаже земельных участков под коммерческое строительство. Результатом данного анализа стал первичный вариационный ряд исходных данных, состоящий из 38 объектов в г. Перми (табл. 1) [4].

Таблица 1

Первичный вариационный ряд

| № п/п | Адрес | Площадь, м ² | Цена, руб. | Цена, руб./м ² |
|-------|------------------------|-------------------------|------------|---------------------------|
| 1 | ул. 3-я Липогорская | 3690 | 10000000 | 2710 |
| 2 | б-р Гагарина | 5200 | 12000000 | 2308 |
| 3 | ул. Г. Хасана | 1515 | 25000000 | 16502 |
| 4 | ул. Бородулинская | 1500 | 1990000 | 1327 |
| 5 | ул. Подгорная | 1000 | 9000000 | 9000 |
| 6 | ш. Космонавтов | 500 | 4000000 | 8000 |
| 7 | ул. Чкалова | 2000 | 22000000 | 11000 |
| 8 | ул. Беляева | 2400 | 14000000 | 5833 |
| 9 | ш. Космонавтов | 1500 | 14000000 | 9333 |
| 10 | ул. Малая | 3000 | 28500000 | 9500 |
| 11 | ул. Потерянная | 1400 | 12900000 | 9214 |
| 12 | ул. Томская, 28 | 6850 | 18000000 | 2628 |
| 13 | ул. Эпроновская | 1400 | 29000000 | 20714 |
| 14 | ул. Уфимская | 7450 | 63000000 | 8456 |
| 15 | ул. Кирпичная | 9920 | 27000000 | 2722 |
| 16 | ул. Судозаводская | 2600 | 17000000 | 6538 |
| 17 | ул. Подлесная | 1800 | 20000000 | 11111 |
| 18 | ул. Косякова | 4100 | 16000000 | 3902 |
| 19 | б-р Гагарина | 2240 | 32000000 | 14286 |
| 20 | ул. Барамзиной | 2500 | 30000000 | 12000 |
| 21 | ул. Пушкина | 4000 | 142000000 | 35500 |
| 22 | ул. Минина | 2800 | 20000000 | 7143 |
| 23 | ул. Соликамская | 1450 | 2100000 | 1448 |
| 24 | б-р Гагарина | 1940 | 20000000 | 10309 |
| 25 | ул. Крисанова | 950 | 10000000 | 10526 |
| 26 | ул. Малкова | 2000 | 41000000 | 20500 |
| 27 | ул. 1-я Красавинская | 1580 | 18700000 | 11835 |
| 28 | ул. Садовая | 1000 | 7000000 | 7000 |
| 29 | ул. Красных командиров | 3000 | 28500000 | 9500 |
| 30 | ул. 3-я Нейвинская | 1650 | 12000000 | 7273 |
| 31 | Новые Ляды | 6700 | 12000000 | 1791 |
| 32 | ул. Подводников, 73 | 2565 | 15000000 | 5848 |
| 33 | ул. Светлогорская | 825 | 2000000 | 2424 |
| 34 | ул. Черняховского | 10000 | 33000000 | 3300 |
| 35 | ул. Магистральная, 26а | 5000 | 27000000 | 5400 |
| 36 | Новые Ляды | 9400 | 35000000 | 3723 |
| 37 | ул. Монастырская, 73 | 3000 | 30000000 | 10000 |
| 38 | ул. Геологов, 6 | 800 | 6500000 | 8125 |

Ранее было установлено, что из приведенных ценообразующих факторов наибольшим образом на величину кадастровой стоимости влияют следующие: X_3 – местоположение земельных участков согласно зонированию; X_5 – обеспечение инженерными коммуникациями земельных участков; X_6 – вид передаваемого права.

Для установления степени корреляционной связи между кадастровой стоимостью и ценообразующими показателями были построены уравнения парной регрессии с использованием для этих целей встроенных пакетов MS Excel. Полученные уравнения парной регрессии представлены в табл. 2.

Таблица 2

Уравнения парной регрессии

| Отношение признаков | Уравнения парной регрессии | R | R^2 |
|---------------------|----------------------------|------------|-------|
| Y к X_3 | $Y = 828,5 + 3125,9X_3$ | 0,63245553 | 0,4 |
| Y к X_5 | $Y = 2628,6 + 6757,7X_5$ | 0,57445626 | 0,33 |
| Y к X_6 | $Y = 2107,2 + 1655,9X_6$ | 0,31622777 | 0,1 |

Анализируя данную таблицу, в частности последний столбец, можно сделать вывод, что показатель R^2 отображает вклад факторного признака в результат.

Рыночная стоимость земельных участков на 40 % зависит от факторного признака X_3 – месторасположения. На 33 % рыночная стоимость зависит от фактора X_5 – инженерного обеспечения и на 10 % зависит от фактора X_6 – вида передаваемого права. Рыночная стоимость формируется также под воздействием остальных факторов.

Для построения уравнения множественной регрессии наиболее часто используется линейная модель, которая описывается уравнением

$$y_{xn} = a_0 + a_1 \cdot x_1 + a_2 \cdot x_2 + \dots + a_n \cdot x_n = a_0 + \sum a_n \cdot x_n,$$

где $a_0, a_1, a_2, \dots, a_n$ – параметры модели (коэффициенты регрессии); x_1, x_2, \dots, x_n – факторные признаки.

Подбор факторных признаков представлен в табл. 3.

Таблица 3

Отбор признаков пошаговой регрессией

| Признак | Множественный коэффициент корреляции R | Уравнение |
|-----------------------|--|--|
| Y к X_3 | 0,63 | $Y = 828,5 + 3125,9X_3$ |
| Y к X_3, X_5 | 0,74 | $Y = -1320,5 + 2430,2X_3 + 4756,9X_5$ |
| Y к X_3, X_5, X_6 | 0,75 | $Y = -1691 + 2417,2X_3 + 4628,9X_5 + 142,4X_6$ |

Поскольку множественный коэффициент корреляции R увеличивается с каждым шагом, а коэффициенты регрессии меняются незначительно, это значит, что все факторные признаки достоверны и их включение в модель обязательно.

Таким образом, в результате обработки данных о рыночной стоимости и ценообразующих факторах, влияющих на нее, получено линейное уравнение множественной регрессии

$$Y = -1691 + 2417,2X_3 + 4628,9X_5 + 142,4X_6.$$

Степень достоверности множественного коэффициента корреляции рассчитывается по F-критерию Фишера

$$F_p > F_\phi,$$

где F_ϕ – табличный критерий ($F_\phi = 3,97$); F_p – расчетный ($F_p = 13,43$).

Табличное значение F-критерия Фишера определялось с помощью встроенной функции ФРАСПОБР мастера функции MS Excel при следующих входных данных: вероятность – 0,01, степень свободы 1 = число независимых переменных, степень свободы 2 – объем выборки минус число независимых переменных минус единица.

Расчетный F-критерий Фишера много больше табличного, значит, множественный коэффициент корреляции достоверен. Можно утверждать, что такая модель соответствует признакам адекватности и может быть использована на практике.

Множественный коэффициент детерминации составляет 0,75. Следовательно, рыночная стоимость на 75 % зависит от факторных признаков, включенных в модель (X_3 , X_5 , X_6) и на 25 % от других факторов.

Коэффициент детерминации больше 50 %, поэтому данное уравнение регрессии можно считать корреляционно-регрессивной моделью и его можно использовать на практике и составлять прогнозы.

В результате проделанной работы было определено линейное уравнение множественной регрессии:

$$Y = -1691 + 2417,2X_3 + 4628,9X_5 + 142,4X_6.$$

Регрессионная модель позволяет количественно оценить действие изучаемых факторов. Коэффициенты нормализованного уравнения регрессии позволяют судить об относительном вкладе факторного признака в регрессию.

Так, например, $A_3 = 2417,2$ означает, что при увеличении месторасположения земельного участка на 1 балл рыночная стоимость увеличится на

2417 рублей. $A_5 = 4628,9$ означает, что при увеличении обеспеченностью коммуникациями на 1 балл рыночная стоимость увеличится на 4628,9 рублей. $A_6 = 142,4$ означает, что при увеличении вида передаваемого права на 1 балл рыночная стоимость увеличится на 142,4 рубля.

Для анализа используют частные коэффициенты эластичности. Они рассчитываются по формуле:

$$\Theta_{x_i} = a_i \frac{\bar{x}_i}{\bar{y}_i},$$

где a_i – коэффициент регрессии при соответствующем факторном признаке; \bar{x}_i – среднее значение соответствующего факторного признака; \bar{y}_i – среднее значение результативного признака.

Коэффициент эластичности показывает, насколько процентов в среднем изменится значение результативного признака при изменении факторного признака на 1 % [5].

$\Theta_{X_3} = 2417,2 \cdot 2,27/7925 = 0,69$ – это значит, что при увеличении факторного признака X_3 (месторасположение) на 1 % рыночная стоимость увеличится на 69 %.

$\Theta_{X_5} = 4628,9 \cdot 0,78/7925 = 0,46$ – это значит, что при увеличении факторного признака X_5 (уровень инженерного обеспечения) на 1 % рыночная стоимость увеличится на 46 %.

$\Theta_{X_6} = 142,4 \cdot 3,51/7925 = 0,06$ – это значит, что при увеличении факторного признака X_6 (вид передаваемого права) на 1 % рыночная стоимость увеличится на 6 %.

Таким образом, по результатам проведенных исследований и построения уравнений парной и множественной регрессии был обоснованно осуществлен отбор существенных ценообразующих факторов. В данном исследовании на основании статистических методов определения степени связи ценообразующих факторов и кадастровой стоимости земельных участков было установлено, что существенным образом на результаты оценки будет влиять даже незначительное изменение таких факторов, как месторасположение земельных участков согласно правилам землепользования и застройки (X_3), инженерное обеспечение земельных участков (X_5), вид передаваемого права (X_6). Эти факторы будут использованы в дальнейших исследованиях для построения модели комплексного оценивания справедливой кадастровой стоимости земельного участка в условиях пересечения интересов лиц, участвующих в налогообложении.

Список литературы

1. Зотолокينا М.Н., Юшин В.А. Актуальные проблемы формирования кадастровой стоимости земель // Научные ведомости. Сер. Естественные науки. – 2011. – № 9 (104). – С. 191–194.
2. Коростелев С.П. Кадастровая оценка недвижимости: учеб. пособие. – М.: Маросейка, 2010. – 356 с.
3. Букалов Г.Э. Обоснование выбора факторов для определения стоимости земельных участков в условиях пересечения интересов субъектов налоговых отношений // Master`s Journal. – 2017. – № 1. – С. 151–159.
4. Объявления о купле-продаже земельных участков в г. Перми [Электронный ресурс]. – URL: <http://dom.59.ru> (дата обращения: 12.10.2017).
5. Грибовский С.В., Сивец С.А. Математические методы оценки стоимости недвижимого имущества: учеб. пособие. – М.: Финансы и статистика, 2008. – 368 с.

Получено 15.11.2017

Букалов Глеб Эдуардович – студент, строительный факультет, Пермский национальный исследовательский политехнический университет.

Научный руководитель – **Букалова Алина Юрьевна**, кандидат технических наук, доцент кафедры «Строительный инжиниринг и материаловедение», строительный факультет, Пермский национальный исследовательский политехнический университет, e-mail: bukalova.sim@gmail.com.