

**МНОГОФАКТОРНЫЙ АНАЛИЗ РЫНОЧНОЙ ЦЕНЫ АВТОМОБИЛЯ**

*Бул макалада Бишкек шаарындагы унаа базарында жеңил унаанын баасын корреляциялык жана регрессиялык талдоо өткөрүлдү. Талдоо MS Excel программасы аркылуу өткөрүлгөн.*

*В данной статье проведен корреляционно-регрессионный анализ цены автомобиля на рынке г. Бишкек. Анализ проведен при помощи программы Excel.*

*This article tells about correlation and regression analysis of the car's price on the Bishkek's market. The analysis made on MS Excel.*

Для проведения многофакторного анализа необходимо собрать информацию о рассматриваемом показателе и факторах, влияющих на него. Показатели, включаемые в модель, должны быть качественно однородны независимо друг от друга и достаточны по количеству наблюдений. Для обеспечения надежности результата корреляционного анализа количество наблюдений должно превосходить число факторов не менее чем два раза. В результате изучения информации о рынке автомобилей в Бишкеке и на основе логического анализа отобрали и сгруппировали следующую систему функциональных показателей, которые могут влиять на цену автомобиля (Табл. 1) на примере марки Тойота.

Факторы:

$X_1$  – год выпуска автомобиля;

$X_2$  – объем двигателя, л;

$X_3$  – КПП (0 – механическая, 1 – автоматическая);

$X_4$  – пробег, км;

$X_5$  – расположение руля (0 – правый, 1 – левый);

Результативный признак  $Y$  – цена автомобиля, долларов США.

Таблица 1.

Исходные данные для многофакторного анализа.

Модель автомобиля	Год выпуска	Объем двигателя, л	КПП	Пробег, тыс. км	Руль	Цена, тыс. долл. США
	X <sub>1</sub>	X <sub>2</sub>	X <sub>3</sub>	X <sub>4</sub>	X <sub>5</sub>	У
Аристо	1991	3	1	300	0	4
Карина	1993	2	0	250	1	5,5
Марк 2	1994	2,5	1	190	0	3,5
Карина	1994	1,8	1	194	0	4
Карина	1995	1,6	0	200	1	4,8
Карина	1996	1,8	0	156	1	5,2
Марк 2	1997	2,5	1	250	0	4
Аристо	1998	3	1	200	0	8,5
Коррола	1998	4,7	1	195	1	16,5
Превиа	1998	2,4	0	210	1	6,5
Надиа	1998	2	1	160	0	5
Надиа	1998	2	1	143	0	6
Надиа	1998	2	1	152	0	5,2
Марк 2	1998	2,5	1	180	0	4,2
Ленд Крузер	1998	4,7	1	195	0	16,5
Пикник	1999	2	0	180	1	7,9
Авенсис	1999	1,8	0	170	1	6
Карина	1999	2	1	160	0	5,7
Камри	1999	3	1	160	1	9
Пикник	1999	2	0	200	1	8,5
Ленд Крусер	1999	4,7	1	132,29	1	22
Прогресс	1999	3	1	180	0	6
Камри	1999	2,2	1	153	1	7,5
Харриер	1999	3	1	184	1	7,8
Хилукс Сарф	1999	2,7	1	185	0	7,5
Пикник	2000	2	0	143	1	5,5
Виндом	2000	3	1	153	0	4,9
Камри	2000	2,2	1	170	1	7
Авалон	2000	3	1	150	1	15
Авалон	2000	3	1	167	1	14
Виндом	2001	3	1	145	0	9,5

Камри	2006	2,5	1	150	1	10
Ленд Крузер	2008	3,5	1	150	1	45,6
Коррола	2008	2,7	0	195	1	16,5
Ленд-Крузер	2008	4,7	1	170	1	33
Ленд-Крузер	2009	4,7	1	170	1	44,5

### 1) Расчет корреляционной матрицы (парные коэффициенты корреляции).

Введем составленную матрицу в Excel. С помощью надстройки «Анализ данных» меню Сервис рассчитаем корреляционную матрицу (табл. 2) /3, 53/.

Таблица 2

Корреляционная матрица

	X1	X2	X3	X4	X5	У
X1	1					
X2	0,430024011	1				
X3	0,103419174	0,45947	1			
X4	-0,481858485	-0,0543	-0,178032566	1		
X5	0,379639964	0,101407	-0,487950036	-0,17191	1	
У	<b>0,667280093</b>	<b>0,641833</b>	<b>0,183715196</b>	<b>-0,25805</b>	<b>0,376283</b>	<b>1</b>

Корреляционная матрица – симметричная матрица относительно главной диагонали, на пересечении *i*-строки и *j*-го столбца расположены коэффициенты парной корреляции между *i*-ми и *j*-ми факторами. По главной диагонали коэффициенты равны 1. В последней строке корреляционной матрицы расположены коэффициенты парной корреляции между факторными и результативными признаками.

### 2) Определение факторов влияющих на результативный признак по коэффициенту парной корреляции

Анализируя последнюю строку корреляционной матрицы, отберем факторы, влияющие на результативный признак. Если коэффициент корреляции в последней строке  $|r_{x_i y}| \geq 0,6$ , то связь между *i* фактором и результативным признаком У тесная. Этот фактор влияет на цену и остается в модели /1, 134/.

$$|r_{x_1 y}| = |0,6672| > 0,6 \quad |r_{x_2 y}| = |0,6418| > 0,6 \quad |r_{x_3 y}| = |0,1837| < 0,6$$

$$|r_{x_4 y}| = |-0,258| < 0,6 \quad |r_{x_5 y}| = |0,3763| < 0,6$$

**Вывод:** Анализ последней строчки корреляционной матрицы показывает, что факторы  $X_1, X_2$  остаются в модели, так как коэффициент корреляции,  $r_{X_1Y} > 0,6$ . А факторы  $X_3, X_4, X_5$  удаляем, так как эти факторы слабо влияют на результативный признак.

Для составления уравнения регрессии в модели остаются факторы:  $X_1$  – год выпуска;  $X_2$  – объем двигателя.

### 3) Определение параметров уравнения регрессии

Для получения уравнения регрессии  $Y = a_0 + a_1x_1 + a_2x_2$  используем Сервис→Анализ данных→Регрессия в диалоговом окне.

	Коэффициенты	Стандартная ошибка	t-статистика	P-Значение	Нижние 95%	Верхние 95%
A	-2020,93	511,89	-3,9479	0,00039	-3062,38	-979,48
a <sub>1</sub>	1,0102	0,2567	3,9354	0,0004	0,4878	1,5325
a <sub>2</sub>	4,0709	1,1405	3,5694	0,0011	1,7506	6,3913

Получена модель регрессии:  $Y = -2020,9282 + 1,0102X_1 + 4,0709X_2$ .

### 4) Оценка значимости коэффициента корреляции по t критерию Стьюдента

$$|r_{расч_r}| \geq t_{кр}$$

$$|r_{X_1Y}| = 0.66728$$

$$|r_{X_2Y}| = 0.64183$$

$$|t_{расч_r}| = \frac{|r_{XY}| \sqrt{n-2}}{\sqrt{1-r_{XY}^2}}$$

Регрессионная статистика	
Множественный R	0,7745
R-квадрат	0,5998
Нормированный R-квадрат	0,5755
Стандартная ошибка	5,6066
Наблюдения	36

а) Оцениваем значимость множественного коэффициента корреляции:

$$t_{расч_R} = \frac{|0.7744| \times \sqrt{36-2}}{\sqrt{1-0.5997}} = 11,2802$$

б) Оцениваем значимость парных коэффициентов корреляции:

$$|t_{расч_{r_{X_1Y}}}| = \frac{|0,6672| \sqrt{36-2}}{\sqrt{1-0,4451}} = 5,0237$$

$$|t_{расчr_{x_2y}}| = \frac{|0,6418|\sqrt{36-2}}{\sqrt{1-0,4119}} = 4,8804$$

$$t_{кр} = t_{\alpha;K} = t_{0,05;34} = 3,0082$$

$\alpha$  – уровень надежности,  $\alpha=1-P=1-0,95=0,05$

$k$  – число степеней свободы,  $k=n-m=36-2=34$

$n$  – число наблюдений=36,  $m$  – число оставшихся факторов в модели=2

$$t_{расчR} = 11,2802 > t_{кр} = 3,0082$$

$$t_{расчr_{x_1y}} = 5,0237 > t_{кр} = 3,0082 < t_{расчr_{x_2y}} = 4,8804$$

**Выводы.** Коэффициенты корреляции между ценой автомобиля и годом выпуска автомобиля  $r_{x_1y}$ , между ценой автомобиля и объемом двигателя  $r_{x_2y}$  и множественный коэффициент корреляции  $R$  значимы. Следовательно, существует тесная линейная связь между годом выпуска автомобиля и объемом двигателя с ценой автомобиля.

### 5) Оценка значимости коэффициентов уравнения регрессии по t-критерию Стьюдента

$$|t_{расча_i}| \geq t_{кр} \quad t_{кр} = t_{\alpha;K} = t_{0,05;34} = 3,0082$$

$$t_{расчr} = \frac{a_0}{Sa_0}; \quad t_{расча_0} = \frac{-2020,92}{511,88} = -3,948; \quad |t_{расча_0}| = |-3,9479| > t_{кр} = 3,0082$$

$$t_{расчr} = \frac{a_1}{Sa_1}; \quad t_{расча_1} = \frac{1,0102}{0,256} = 3,9354; \quad |t_{расча_1}| = |3,9354| > t_{кр} = 3,0082$$

$$t_{расчr} = \frac{a_2}{Sa_2}; \quad t_{расча_2} = \frac{4,0709}{1,1405} = 3,5694; \quad |t_{расча_2}| = |3,5694| > t_{кр} = 3,0082$$

**Выводы.** По t-критерию Стьюдента коэффициенты регрессии  $a_1$  и  $a_2$  значимы и свободный член  $a_0$  тоже значим.

### б) Оценка общего качества уравнения регрессии по F-критерию Фишера /1, 160/.

$$Y = a_0 + a_1x_1 + a_2x_2 = -2020928,296 + 1010,059x_1 + 4070,9412x_2;$$

Общее качество уравнение регрессии оценивается по F-критерию Фишера

$$F_{расчR^2} > F_{кр}$$

$$F_{расчR^2} = \frac{R^2 \times (n - m - 1)}{(1 - R^2) \times m} = \frac{0,59978 \times (36 - 2 - 1)}{(1 - 0,59978) \times 2} = \frac{19,7927}{0,80044} = 24,7272$$

$n$  – число наблюдений=36

$m$  – количество оставшихся в модели факторов =2 ( $X_1; X_2$ );

$$F_{крит} = F_{\alpha; k_1; k_2} = F_{0,05; 33; 2} = 6,2478$$

$\alpha$  – уровень надежности

$$\alpha=1-P=1-0,95=0,05$$

$K_1$  – число степеней свободы  $=m=2$

$K_2$  – число степеней свободы  $=n-m-1=36-2-1=33$

$$F_{расчR^2} = 24,7274 > F_{кр} = 6,2478$$

**Выводы.** по F-критерию Фишера уравнение регрессии является значимым. Следовательно, это уравнение регрессии можно использовать как для принятия практических решений, так и для прогноза.

**Изменение цены автомобиля за счет каждого фактора, вошедшего в модель по коэффициенту эластичности /1, 121/.**

Анализ факторов по коэффициенту эластичности. О значимости факторов нельзя судить по значению коэффициента регрессии, анализ осуществляется и по коэффициенту эластичности. Коэффициент эластичности показывает, на сколько процентов изменится резульативный признак при увеличении факторного признака на 1%. Знак коэффициента эластичности всегда совпадает со знаком коэффициента регрессии и корреляции.

Чем больше по модулю значение коэффициента эластичности, тем большее влияние оказывает фактор на резульативный признак.

Коэффициент эластичности определяется по формуле

$$K_{эл.X_i} = \frac{Y^i - Y_{расч}}{Y_{расч}} \times 100\%$$

**Зависимость между ценой автомобиля и годом выпуска**

$$Y_{расч} = -2020,92 + 1,010X_1 + 4,070X_2 =$$

$$= -2020,92 + 1,010 \cdot 1999,27 + 4,070 \cdot 2,75 = 9,53$$

$$X_1 = (101\%) = 1999,27 + 19,99 = 2019,26$$

$$Y^i = -2020,92 + 1,010 \cdot X_1(101\%) + 4,070 \cdot X_2 = -2020,92 + 1,010 \cdot 2019,26 + 4,070 \cdot 2,75 = 29,72$$

$$K_{эл.X_1} = \frac{Y^i - Y_{расч}}{Y_{расч}} \times 100\% = \frac{29,72 - 9,53}{9,53} \times 100\% = 197,2\%$$

При увеличении года выпуска на 1% стоимость автомобиля увеличится на 197,2%.

**Зависимость между ценой автомобиля и объемом двигателя**

$$Y_{расч} = -2020,92 + 1,010X_1 + 4,070X_2 = -2020,92 + 1,010 \cdot 1999,27 + 4,070 \cdot 2,75 = 9,53$$

$$X_2 = (101\%) = 2,75 + 0,0275 = 2,7775$$

$$Y^i = -2020,92 + 1,010 \cdot X_1 + 4,070 \cdot (110\%) = -2020,92 + 1,010 \cdot 1999,27 + 4,070 \cdot 2,7775 = 9,65$$

$$K_{эл.X_2} = \frac{Y^i - Y_{расч}}{Y_{расч}} \times 100\% = \frac{9,65 - 9,53}{9,53} \times 100\% = 1,17\%$$

При увеличении объема двигателя на 1% стоимость автомобиля увеличится на 1,17 %.

**Выводы.** На основе многофакторного анализа можно сделать вывод, что основными факторами, влияющими на стоимость автомобиля, являются год выпуска и объем двигателя автомобиля. Больше всего влияет фактор год выпуска – 197,2 %, чем объем двигателя – 1,17 %.

## Список литературы

1. Доугерти К. Введение в эконометрику /Пер. с англ. – М.: ИНФРА-М, 1999. – 402 с.
2. Эконометрика: Учебник / Под ред. И.И. Елисеевой. – М.: Финансы и статистика, 2002. – 344 с.
3. Практикум по эконометрике: Учебн. пособие / Под ред. И.И. Елисеевой. – М.: Финансы и статистика, 2003. – 192 с.
4. Эконометрика: Учебно-методическое пособие / Шалабанов А.К., Роганов Д.А. – Казань: ТИСБИ, 2002. – 56 с.