

УДК 519.6

*Герасимов К.Б., доцент кафедры экономики
ФГАОУ ВО «Самарский национальный исследовательский
университет имени академика С.П. Королева»*

Россия, г. Самара

Фомичева П.В.,

студент магистратуры

2 курс, Институт экономики и управления

*ФГАОУ ВО «Самарский национальный исследовательский
университет имени академика С.П. Королева»*

Россия, г. Самара

МЕТОДЫ ПАРАМЕТРИЧЕСКОГО АНАЛИЗА И ПРИМЕНЕНИЕ ИХ НА ПРИМЕРЕ ПРОИЗВОДСТВА И ПОТРЕБЛЕНИЯ ПРОДУКЦИИ

Аннотация: В статье рассмотрена сущность параметрического анализа, проводится анализ производства и потребления продукции, а также влияние первого фактора на второй с помощью параметрического метода исследования. Определяется интервал оптимального количества производимого продукта с помощью формулы предельной ошибки прогноза.

Ключевые слова: параметр, параметрический метод, параметрический анализ, корреляционная зависимость, коэффициент корреляции.

Annotation: The essence of parametric analysis is considered in the article, the analysis of production and consumption of products is conducted, as well as the influence of the first factor on the second by means of the parametric method of investigation. The interval of the optimum quantity of the produced product is determined using the formula of the marginal forecast error.

Key words: parameter, parametric method, parametric analysis, correlation dependence, correlation coefficient.

При исследовании и разработке современных многокомпонентных управленческих систем большинство составляющих таких систем необходимо оценивать несколькими параметрами, отражающими важные, с точки зрения исследователя, характеристики этих компонентов или частей системы управления. Другими словами, существуют m показателей качества этих компонентов системы, по которым необходимо выбрать лучший экземпляр [1, 3].

«В широком смысле параметр есть - относительно постоянный показатель, присущий системе (элементу системы) либо процесс» [7]. Параметрами определяется, чем исследуемая система отлична от других, в связи с этим параметры могут иметь как качественный, так и количественный характер.

При изучении систем управления используются:

- качественные признаки, характеризующие в описательном виде то или иное свойство системы;

- количественные относительные и абсолютные параметры. В абсолютном исчислении показатели используются для описания отличающихся исследуемых объектов (затраты на персонал, численность производственного персонала), относительные показатели для характеристики, например, прибыли, темпов роста продаж, производительности труда;

- ранговые параметры – позволяют отличать качественно изучаемые объекты, это выражено в присвоении им баллов, разрядов и т.д. [4];

- классификационные (номинальные) параметры, которые дают характеристику тем свойствам системы, которые не могут принимать участие в оценке, но позволяют отнести изучаемый объект к определенному классу вне проведения оценки (список специальностей, перечень марок).

«Количественные и качественные признаки системы управления тесно связаны между собой и с ее показателями» (рис. 1) [6].

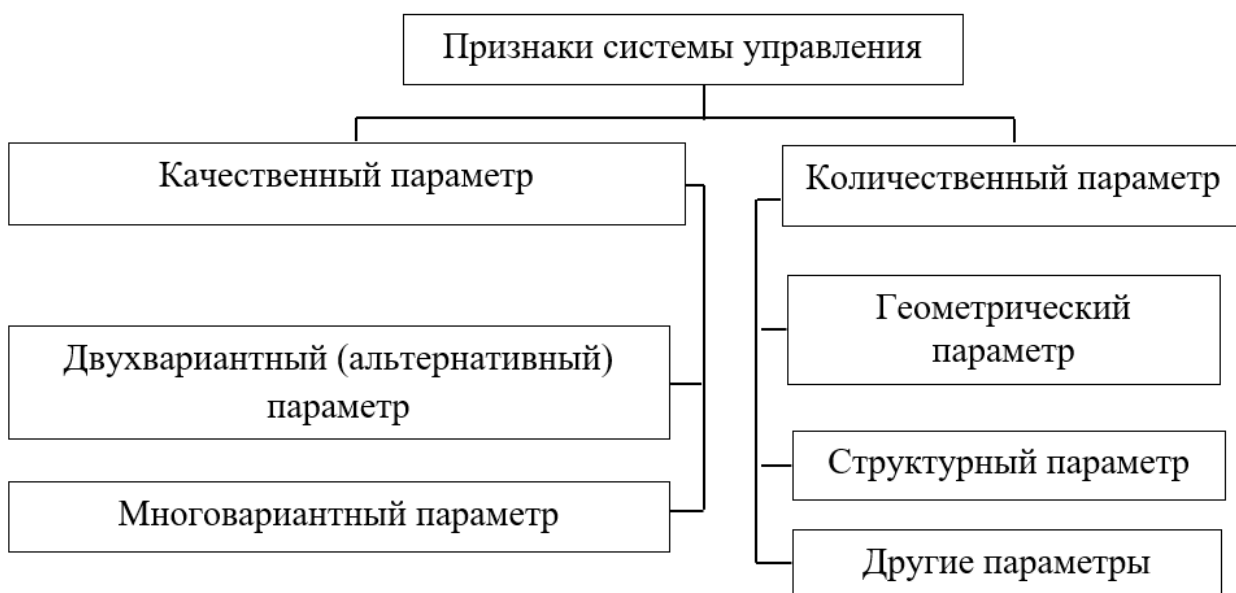


Рисунок 1. Связь количественных и качественных признаков систем управления с показателями

Параметрический метод при исследовании систем управления можно отнести к наиболее объективным. «Каждая система управления наделена рядом специфических свойств» [8]. «При этом свойство системы управления – объективная особенность, определяемая при ее создании и в ходе функционирования» [6]. В целях объективации оценки любой системы необходимы ее количественные характеристики. «Параметры дают характеристику количественных свойств объекта исследования» [8]. «Показатель как количественная характеристика свойств системы выступает частным случаем параметра системы управления» [6]. В основном показатели выступают в виде функций параметров. Скажем, численность персонала является функцией трудоемкости, квалификации и других параметров.

Как правило, в ходе исследования выделяются функциональные и корреляционные зависимости. В отличие от функциональных корреляционные являются неполными и искажаются влиянием посторонних факторов.

На основе анализа, проведенного отделом статистики района (табл. 1), менеджментом предприятия выделены показатели количества необходимого продукта на 1 потребителя продукции, что составляет (см. гр.1. табл. 1); производство предприятием данного продукта на душу населения (ед. на 1 потребителя) (см. гр. 8 табл. 1).

Таблица 1

Анализ производства и потребления продукции в районе

№	Номер фактора											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	76	79,8	6,6	152,5	104,2	3,7	15,6	5,8	25,7	17,5	11,4	34,5
2	77	79,5	6,7	153,2	106,8	5,8	15,8	5,9	30,2	17,7	11,5	34,6
3	80	81	6,9	150,6	109,4	4,9	16,8	6,1	37,6	18,4	11,3	34,0
4	78	80	6,8	154,7	100,9	5,2	16,2	6	36,7	14,2	11,3	33,6
5	75,2	81	6,4	151,3	100,9	6,1	16,4	6	35,3	17,3	11,3	34,0
6	72,7	80	5,8	149	103,2	4,3	15,1	5,9	34,2	16,7	11,3	33,6
7	63,7	80,5	5,4	154,1	95,7	6	16,6	5,2	29,9	14,7	11,3	34,0
8	46	79	5,5	137,9	77,7	1,9	14,5	4,6	31,6	10,6	11,1	33,5
9	50,9	81	5,3	145,3	93,6	2,7	16,3	4,7	40,9	11,7	11,2	34,0
10	60,8	82	6,1	155,2	82,3	5,8	15,3	5,1	41,3	14,0	11,5	34,4
11	102	83	6,7	164,2	107	9,3	23,3	6,2	47,9	23,5	11,6	34,9
12	128	85	6,8	170,9	126,6	10,8	22	7	60,2	24,9	12,0	34,9
13	112	84	6,6	166,4	114,6	10,2	20,5	6,3	52,6	25,8	11,8	35,3
14	118	85	6,7	167	117	11,4	21,1	6,4	55,5	27,1	11,9	35,7
15	122	86	6,8	168	124,5	12,5	21,8	6,5	57,3	28,1	12,0	36,1
16	88,5	81	7,0	151,2	108,6	6,5	18,7	6,1	41,6	20,4	11,5	34,1
17	126,2	84	7,0	170,2	110,2	11,7	22,9	7,1	49,3	22,5	11,9	34,3
18	81,1	82	6,9	156,4	91,5	4,0	20,6	6,3	38,1	18,7	11,5	34,4
19	90,0	84	6,1	152,1	91,0	5,8	21,7	6,5	52,1	22,1	11,8	35,4
20	110,0	85	6,1	163,0	101,0	8,5	21,5	6,8	50,0	24,6	11,9	35,6
21	62,0	83	5,8	162,1	85,6	5,2	18,0	5,5	50,5	14,3	11,3	33,9
22	128,2	86	6,5	170,1	112,4	11,1	24,6	7,3	60,3	29,5	12,2	35,6
23	121,0	84	6,6	163,1	121,7	11,3	21,2	6,8	56,9	27,8	11,8	35,3
24	48,6	80	6,0	140,5	85,2	3,9	14,8	5,2	30,6	19,8	11,1	35,3
25	93,2	82	6,9	160,2	110,4	7,1	18,6	6,8	43,8	21,4	11,6	34,3

По данным, приведённым в таблице, можно проанализировать влияние первого указанного фактора на второй.

Для этого необходимо найти коэффициент корреляции между заданными факторами, вычислить уровень его значимости с доверительной вероятностью $\gamma = 0,9$. Если коэффициент корреляции окажется значимым, то

найти уравнение линейной регрессии одного фактора на другой, построить корреляционное поле и на нём прямую регрессии, сделать выводы, дать прогноз и рекомендации. В этом смысл параметрического исследования.

Для вычисления коэффициента корреляции составим следующую таблицу:

Таблица 2

Исчисление коэффициента корреляции

n	x	Y	xy	x²	y²
1	76	5,8	440,8	5776	33,64
2	77	5,9	454,3	5929	34,81
3	80	6,1	488	6400	37,21
4	78	6	468	6084	36
5	75,2	6	451,2	5655,04	36
6	72,7	5,9	428,93	5285,29	34,81
7	63,7	5,2	331,24	4057,69	27,04
8	46	4,6	211,6	2116	21,16
9	50,9	4,7	239,23	2590,81	22,09
10	60,8	5,1	310,08	3696,64	26,01
11	102	6,2	632,4	10404	38,44
12	128	7	896	16384	49
13	112	6,3	705,6	12544	39,69
14	118	6,4	755,2	13924	40,96
15	122	6,5	793	14884	42,25
16	88,5	6,1	539,85	7832,25	37,21
17	126,2	7,1	896,02	15926,44	50,41
18	81,1	6,3	510,93	6577,21	39,69
19	90,0	6,5	585	8100	42,25
20	110,0	6,8	748	12100	46,24
21	62,0	5,5	341	3844	30,25
22	128,2	7,3	935,86	16435,24	53,29
23	121,0	6,8	822,8	14641	46,24
24	48,6	5,2	252,72	2361,96	27,04
25	93,2	6,8	633,76	8686,24	46,24
ИТОГО	2211,1	152,1	13871,52	212234,81	937,97

Составляем уравнение парной регрессии:

$$25a + 2211,1b = 152,1$$

$$2211,1a + 212234,81b = 13871,52$$

Преобразуем для решения первую часть (умножив все члены на 8,444):

$$2211,1a + 195550,5b = 13452,3$$

$$2211,1a + 212234,8b = 13871,52$$

Вычтем первое уравнение из второго:

$$1668,48b = 419,22$$

$$b = 419,22 / 16684,8 = 0,0252$$

$$25a + 2211,1 \times 0,0252 = 55,72$$

$$a = (152,1 - 55,72) / 25 = 3,85$$

И уравнение связи между количеством необходимого продукта на душу населения и производством продукта на душу населения организацией будет выглядеть так:

$$y = 3,85 + 0,0252x$$

Далее представим расчетные показатели, исходя из уравнения связи:

$$y_1 = 3,85 + 0,0252 \times 76 = 5,765$$

$$y_2 = 3,85 + 0,0252 \times 77 = 5,79$$

$$y_3 = 3,85 + 0,0252 \times 80 = 5,866$$

$$y_4 = 3,85 + 0,0252 \times 78 = 5,82$$

$$y_5 = 3,85 + 0,0252 \times 75,2 = 5,75$$

$$y_6 = 3,85 + 0,0252 \times 72,7 = 5,68$$

$$y_7 = 3,85 + 0,0252 \times 63,7 = 5,46$$

$$y_8 = 3,85 + 0,0252 \times 46 = 5,01$$

$$y_9 = 3,85 + 0,0252 \times 50,9 = 5,13$$

$$y_{10} = 3,85 + 0,0252 \times 60,8 = 5,38$$

$$y_{11} = 3,85 + 0,0252 \times 102 = 6,42$$

$$y_{12} = 3,85 + 0,0252 \times 128 = 7,07$$

$$y_{13} = 3,85 + 0,0252 \times 112 = 6,67$$

$$y_{14} = 3,85 + 0,0252 \times 118 = 6,82$$

$$y_{15} = 3,85 + 0,0252 \times 122 = 6,92$$

$$y_{16} = 3,85 + 0,0252 \times 88,5 = 6,08$$

$$y_{17} = 3,85 + 0,0252 \times 126,2 = 7,03$$

$$y_{18} = 3,85 + 0,0252 \times 81,1 = 5,89$$

$$y_{19} = 3,85 + 0,0252 \times 90 = 6,12$$

$$y_{20} = 3,85 + 0,0252 \times 110 = 6,62$$

$$y_{21} = 3,85 + 0,0252 \times 62 = 5,41$$

$$y_{22} = 3,85 + 0,0252 \times 128,2 = 7,08$$

$$y_{23} = 3,85 + 0,0252 \times 121,0 = 6,89$$

$$y_{24} = 3,85 + 0,0252 \times 48,6 = 5,07$$

$$y_{25} = 3,85 + 0,0252 \times 93,2 = 6,198$$

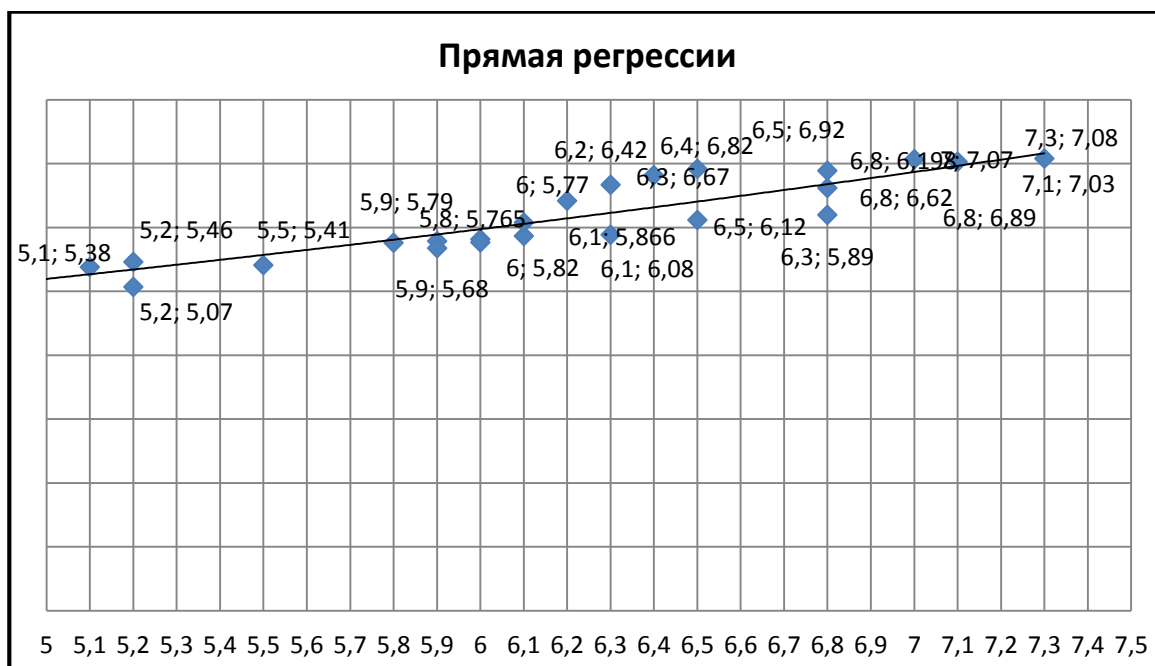


Рисунок 2. Параметры регрессии факторных зависимостей производства и потребления продукции

При прямолинейной связи коэффициент корреляции рассчитывается по формуле:

$$r = \frac{\sum xy - \frac{\sum x \times \sum y}{n}}{\sqrt{\left[\sum x^2 - \frac{(\sum x)^2}{n}\right] \left[\sum y^2 - \frac{(\sum y)^2}{n}\right]}} \quad (1)$$

$$r = \frac{13817,52 - \frac{2211,1 \times 152,1}{25}}{\sqrt{\left[212234,81 - \frac{2211,1^2}{25}\right] \left[937,97 - \frac{152,1^2}{25}\right]}} = 0,891$$

Этот коэффициент может принимать значения от 0 до 1. «Чем ближе его величина к 1, тем более тесная связь между изучаемыми явлениями, и

наоборот. В данном случае величина коэффициента корреляции является существенной ($r=0,891$)» [2]. Это позволяет сделать вывод о том, что количество Γ населения района – один из основных факторов, от которого зависит уровень потребления продукта. «Если коэффициент корреляции возвести в квадрат, получим коэффициент детерминации ($d=0,797$)» [2]. Он показывает, что уровень потребления продукта на 76,7% зависит от количества потребляемого продукта, а на долю других факторов приходится 23,3% изменения ее уровня.

Значимость коэффициента корреляции проверим с помощью t-критерия Стьюдента с доверительной вероятностью $p=0,90$, т.е. на уровне значимости $a=0,10$. Наблюдаемое значение t-критерия Стьюдента находится по формуле:

$$t_{н} = \frac{r\sqrt{n-2}}{\sqrt{1-r^2}} = \frac{0,891 \sqrt{25-2}}{\sqrt{1-0,891^2}} = 9,47 \quad (2)$$

Для уровня значимости $a = 0,10$ и числа степеней свободы $k = n-2 = 23$ находим по таблице критических точек распределения Стьюдента: $t_{кр} (0,90; 23) = 1,71$ [5]. Так как $t_{н} > t_{кр}$, то коэффициент корреляции значимо отличается от нуля, т.е. является значимым.

Для определения средней стандартной ошибки прогноза составим таблицу 3.

Таблица 3

Данные для определения стандартной ошибки прогноза

	$x_i - \bar{x}$	$(x_i - \bar{x})^2$	$y_i - \bar{y}$	$(y_i - \bar{y})^2$
1.	-12,4	153,76	0,035	0,0012
2.	-11,4	129,9	0,11	0,012
3.	-8,4	70,56	0,214	0,046
4.	-10,4	108,16	0,18	0,032
5.	-13,2	174,24	0,23	0,053
6.	-15,7	246,5	0,22	0,048
7.	-24,7	610	-0,26	0,07
8.	-42,4	1797,8	-0,41	0,17
9.	-37,5	1406	-0,43	0,18
10.	-27,6	761,8	-0,28	0,08
11.	13,6	184,96	-0,22	0,048
12.	39,6	1568,2	-0,87	0,76

13.	23,6	556,9	-0,37	0,14
14.	29,6	876,2	-0,42	0,17
15.	33,6	1128,9	-0,42	0,17
16.	0,1	0,01	-0,82	0,67
17.	37,8	1428,9	0,07	0,0049
18.	-7,3	53,3	0,41	0,17
19.	1,6	2,56	0,38	0,14
20.	21,6	466,6	0,18	0,032
21.	-26,4	696,9	0,09	0,008
22.	39,8	1584	0,22	0,048
23.	32,6	1062,8	-0,09	0,0081
24.	-39,8	1584	0,13	0,017
25.	4,8	23,04	0,602	0,36
Итого	-64,1	16675,89	-1,34	3,44

Средняя квадратическая ошибка прогноза находится по формуле

$$s_{\text{пр}} = S_y \sqrt{1 + \frac{1}{n} + \frac{(x_{\text{пр}} - \bar{x})^2}{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}} \quad (3)$$

где S_y - дисперсия отклонений фактических наблюдений от расчетных

$$S_y = \sqrt{\frac{\sum (y_i - \bar{y})^2}{n-m}} \quad (4)$$

Здесь m - число нормальных уравнений, связывающих независимые наблюдения случайной величины. В нашем случае $m=2$.

$$x_{\text{ср}} = 2211,1 / 25 = 88,4$$

Установим прогнозное значение в 105 ед. продукта. $X_{\text{пр}} = 105$.

$$y_{\text{пр}} = 3,85 + 0,0252 \times 105 = 6,496 \text{ (ед. прод. / чел.)}$$

И тогда

$$S_y = \sqrt{\frac{3,44}{25 - 2}} = 0,387$$

$$S_{\text{пр}} = 0,387 \times \sqrt{1 + \frac{1}{25} + \frac{(105 - 88,4)^2}{16675,89}} = 0,46$$

Предельная ошибка прогноза определяется по формуле

$$\Delta \bar{y}_{\text{пр}} = t_{\text{кр}} \times S_{\text{пр}} = 1,71 \times 0,46 = 0,786 \text{ (ед.)}$$

Доверительный интервал прогноза будет определяться выражением:

$$\Delta \bar{y}_{\text{пр}} + \bar{y}_{\text{пр}} = 6,496 \pm 0,786$$

Таким образом, с вероятностью, равной 0,90, можно утверждать, что по объему потребления продукта будет соответствовать количество производимого продукта, заключенное в пределах от 5,71 (6,496 – 0,786) до 7,282 (6,496 + 0,786) условных единиц на чел.

В качестве вывода следует отметить, что несмотря на то, что отличие от функциональных корреляционные являются неполными и искажаются влиянием посторонних факторов, вполне возможен расчет объективных показателей экономической эффективности систем управления.

«В отличие от функциональной, корреляционная зависимость, может проявляться только в общем, среднем случае, то есть в массе случаев – наблюдений» [6].

Недостатками параметрического анализа является то, что создаются направления упрощения при математических обоснованиях при оценке и расчетах по оптимизации отдельных показателей.

Список литературы

1. Блинова Е.А. Инвестиционный менеджмент в реальном секторе экономики. Самара: Изд-во Самарского университета, 2016. 92 с.
2. Бирюков В.А., Шаронов П.Н. Теория экономического анализа. М.: Московский государственный университет печати, 2011. 567 с.
3. Герасимов Б.Н., Морозов В.В., Яковлева Н.Г. Системы управления: понятие, структура, исследование. Самара: СГАУ, 2002. 128 с.
4. Герасимов Б.Н., Чуриков Ю.В. Управленческие решения. Самара: МГПУ, 2007. 304 с.
5. Математическая статистика / сост. С.Е. Демин, Е.Л. Демина. Нижний Тагил: НТИ (филиал) УрФУ, 2016. 284 с.
6. Мишин В.М. Исследование систем управления. М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2012. 528 с.

7. Мухсинова Л.Х. Исследование систем управления. Оренбург: Оренбургский гос. ун-т, 2013. 459 с.

8. Соловьев А.В. Исследование систем управления. М.: Институт коммерции и права, 2010.