

УДК 33.27(574)

<https://doi.org/10.33619/2414-2948/71/31>

JEL classification: C15; C41

МЕТОДИКА РАСЧЕТА КОЭФФИЦИЕНТА КОРРЕЛЯЦИИ ФЕХНЕРА И ПИРСОНА, И ИХ ОБЛАСТИ ПРИМЕНЕНИЯ

©Саадалов Т. Ы., ORCID: 0000-0002-6166-034X, канд. физ.-мат. наук, Ошский технологический университет, г. Ош, Кыргызстан, saadtol_68@mail.ru

©Мырзаibraимов Р. М., ORCID: 0000-0002-7213-0344, Ошский технологический университет, г. Ош, Кыргызстан, myrzaibraimov00@mail.ru

©Абдуллаева Ж. Д., ORCID: 0000-0001-5777-4478, SPIN-код:1815-7416, канд. хим. наук, Ошский государственный университет, г. Ош, Кыргызстан, jypar.science@oshsu.kg

CALCULATING PROCEDURE FOR THE CORRELATION COEFFICIENT OF FECHNER AND PEARSON AND THEIR APPLICATION AREAS

©Saadalov T., ORCID: 0000-0002-6166-034X, Ph.D.,

Osh Technological University, Osh, Kyrgyzstan, saadtol_68@mail.ru

©Myrzaibraimov R., ORCID: 0000-0002-7213-0344, Osh Technological University, Osh, Kyrgyzstan, myrzaibraimov00@mail.ru

©Abdullaeva Zh., ORCID: 0000-0001-5777-4478, SPIN-code: 1815-7416, Ph.D., Osh State University, Osh, Kyrgyzstan, jypar.science@oshsu.kg

Аннотация. Актуальность: в статье в табличной форме показан расчет корреляционной связи между основными фондами и объемами товарной продукции. Используя свойства средних величин, формула Пирсона была изменена, что позволило облегчить методику расчетов. *Целью исследования* является изучение и анализ коэффициента корреляции математико-статистического показателя, связь между факторными и результативными признаками, встречающихся в социально-экономической жизни общества. *Методы исследования:* в статье использованы корреляционная зависимость и статистическая взаимосвязь двух или более случайных величин, при этом изменения значений одной или нескольких из этих величин сопутствуют систематическому изменению значений другой или других величин. *Результаты исследования* полезны и могут быть использованы в практике преподавания курса статистического анализа в медицинских, биологических, биофизических и экономических специальностях в вузах. *Выводы:* коэффициенты корреляции относительно просты в подсчете, их применение не требует специальной математической подготовки. В сочетании с простотой интерпретации, простота применения коэффициента привела к его широкому распространению в сфере анализа статистических данных.

Abstract. Research relevance in this article is shown in tabular form the calculation of correlation between fixed assets and the volume of commercial products. Using the properties of average values, Pearson's formula was changed, which made it possible to simplify the calculation methodology. *The aim of the research* is to study and analyze the correlation coefficient of the mathematical and statistical indicator, the relationship between factorial and effective indicators that are found in the socio-economic life of society. *Research purpose* is to study and analyze the correlation coefficient of the mathematical and statistical indicator, the relationship between

factorial and effective indicators that are found in the socio-economic life of society. *Research methods*: the article uses the correlation dependence and the statistical relationship of two or more random variables, while changes in the values of one or more of these quantities are accompanied by a systematic change in the values of another or other quantities. *Research results* can be used in the practice of teaching the course of statistical analysis in medical, biological, biophysical and economic specialties in universities. *Conclusions*: correlation coefficients are relatively easy to calculate, their application does not require special mathematical training. Combined with the simplicity of interpretation, the simplicity of the coefficient application has led to its widespread use in the field of statistical data analysis.

Ключевые слова: основные фонды, объем товарной продукции, коэффициент корреляции Пирсона, коэффициент Фехнера, t-критерий Стьюдента, шкала Чеддока, значимость и существенность.

Keywords: basic funds, commercial output, Pearson's coefficient of correlation, Fechner's coefficient of correlation, Students t-criteria, Chaddock's scale, significance and materiality.

Корреляция (от лат. *correlatio* «соотношение, взаимосвязь»), или корреляционная зависимость - статистическая взаимосвязь двух или более случайных величин (либо величин, которые можно с некоторой допустимой степенью точности считать таковыми). При этом изменения значений одной или нескольких из этих величин сопутствуют систематическому изменению значений другой или других величин. Впервые в научный оборот термин корреляция ввел французский палеонтолог Жорж Кювье в XVIII веке. Он разработал «закон корреляции» частей и органов живых существ, с помощью которого можно восстановить облик ископаемого животного, имея в распоряжении лишь часть его останков. В статистике слово «корреляция» первым стал использовать английский биолог и статистик Фрэнсис Гальтон в конце XIX века (<https://statpsy.ru/correlation/history/>).

Корреляция — это математико-статистический показатель, показывающий связь между факторными и результативными признаками, встречающихся в социально-экономической жизни общества [1, 2].

Данный метод обработки статистических данных весьма популярен в экономике, астрофизике и социальных науках (в частности в психологии и социологии), хотя сфера применения коэффициентов корреляции обширна: контроль качества промышленной продукции, металловедение, агрохимия, гидробиология, биометрия и прочие [3]. В различных прикладных отраслях приняты разные границы интервалов для оценки тесноты и значимости связи. Популярность метода обусловлена двумя моментами: коэффициенты корреляции относительно просты в подсчете, их применение не требует специальной математической подготовки. В сочетании с простотой интерпретации, простота применения коэффициента привела к его широкому распространению в сфере анализа статистических данных (www.kbb.kg).

Отечественными и зарубежными учеными доказаны следующие корреляционные связи и определены «существенности и достоверности» и факторные и результативные признаки (Таблица 1). В течение многих лет во многих отраслях науки часто применяются труды следующих известных ученых мира:

Фехнер Густав Теодор (1801-1887), немецкий физик, философ и психолог, основатель психофизики. В 1832-1843 гг.- профессор физики в Лейпцигском университете. После ряда

исследований последовательных образов, вызываемых наблюдением Солнца, частично потерял зрение, что вынудило его оставить физику и заняться философией. Опубликовал под псевдонимом доктор Мизес несколько сатирических произведений (http://www.hrono.ru/biograf/bio_f/fehner.php).

Карл Пирсон (1857-1936) английский математик и биолог, философ-позитивист. Создатель методов оценки и измерения в биологии и психологии. Считается одним из отцов современной статистики. Профессор прикладной математики и механики (1884-1911 гг.), а затем евгеники (1911-1933 гг.) Лондонского университета. Заслуженный профессор, профессор геометрии Грэшем-Колледжа (1891-1894 гг.). Член Королевского общества (1896 г.). Почетный доктор ряда университетов Англии. Награжден Королевским обществом медалью Дарвина (1898 г.); медалью Хаксли Антропологического института (1903 г.). Основатель и издатель журнала *Biometrika*. Математическое образование получил в Кембриджском университете (бакалавр, 1879 г.; бакалавр права, 1881 г.; магистр, 1882 г.) (<http://www.dates.gnpbu.ru/2-7/Pearson/pearson.html>).

Таблица 1

ФАКТОРНЫЕ И РЕЗУЛЬТАТИВНЫЕ ПРИЗНАКИ

<i>Факторные признаки x_i</i>	<i>Результативные признаки y_i</i>
Величина денежной массы	Национальный доход
Личный располагаемый доход	Расходы на медицинские услуги.
Расходы на научно-исследовательскую работу	Уровень продаж
Размер личного дохода	Расходы на питание
Оборотные средства	Валовая прибыль
Стороны квадрата	Площадь квадрата
Внесенное количество удобрений	Урожайности культур
Количество выпавших осадков	Урожайности культур
Рост годовых доходов населения	Сумма сбережений
Основные производственные фонды	Валовой выпуск продукции
Урожайности зерновых	Снижение себестоимости зерновых
Часовая оплата труда	Уровень текучести
Затраты на 1 сом произведенной продукции	Валовая прибыль
Производительность труда	Себестоимости продукции
Уровень образования	Уровень дохода коммерческой структуры
Объем реализованной продукции	Балансовая прибыль
Стаж работы	Дневная выработка
Уровень загрязненности воздуха	Количество онкологических заболеваний
Затраты на единицу времени	Оплата труда за единицу времени
Возраст женщин	Хронических гинекологических заболеваний на 1000 осмотренных
Рост 14-летних девочек	Вес девушек
Сумма активов банка	Балансовая прибыль банка
Затраты на рекламу	Выручка от реализации
Качество товара в баллах	Розничная цена
Возраст работников	Производительности труда
Уровень безработицы	Изменения темпа заработной платы
Доход семьи	Стоимости имущества

Материал и методы исследования

Литературный обзор и анализ были выполнены на основе научных публикаций и интернет-источников. Авторами произведен расчет коэффициента корреляции Фехнера, Пирсона и Чеддока. Чарльз Гилберт Чаддок (1861-1936) Американский невролог, известный за описание рефлекса Чаддока. Чарльз Гилберт Чаддок родился в 1861 г. в Джонсвилле, штат Мичиган. Он получил медицинское образование в 1885 году и работал в North Michigan Asylum в Траверс-Сити. В течение года прошел обучение в Европе в 1888 г. Он стал профессором неврологии и психиатрии Колледжа Марион-Симса Университета Санкт-Луи. Он вернулся в Европу в 1897 г, работая большую часть времени в качестве помощника Жозефа Бабинского. По возвращению в Соединенные Штаты в 1899 г он представил американским врачам симптом Бабинского, позже опубликовав перевод работы Бабинского (<https://peoplelife.ru/317855>).

Результаты и обсуждение

По данным исследования получены данные 10 предприятий по размеру основных фондов и объемам товарной продукции. При помощи коэффициентов корреляции Фехнера и Пирсона определяем коэффициент корреляционной связи:

Таблица 2

РАСЧЕТ КОЭФФИЦИЕНТА КОРРЕЛЯЦИИ ФЕХНЕРА

	x_i	y_i	x	y	«с» «нс»
1	15	47	-	-	с
2	20	68	-	-	с
3	32	64	-	-	с
4	49	110	-	-	с
5	55	136	-	-	с
6	71	171	+	+	с
7	78	123	+	-	нс
8	104	212	+	+	с
9	118	311	+	+	с
10	130	416	+	+	с
Σ	672	1658			

Шаг 1. Определяем среднее значение факторного признака:

$$\bar{x} = \frac{\Sigma x}{n} = \frac{672}{10} = 67,2$$

Шаг 2. Определяем среднее значение результативного признака:

$$\bar{y} = \frac{\Sigma y}{n} = \frac{1658}{10} = 165,8$$

Шаг 3. Определяем коэффициент корреляции Фехнера:

$$K\phi = \frac{\Sigma c - \Sigma нс}{\Sigma c + \Sigma нс} \cdot \frac{9-1}{9+1} = 0,8.$$

Такое значение показателя характеризует сильную зависимость.

Таблица 3

РАСЧЕТ КОЭФФИЦИЕНТА КОРРЕЛЯЦИИ ПИРСОНА

x	$x-\bar{x}$	$(x-\bar{x})^2$	y	$y-\bar{y}$	$(y-\bar{y})^2$	$(x-\bar{x})*(y-\bar{y})$	
1	15	-52, 2	2724, 8	47	-118, 8	14113, 4	6201, 4
2	20	-47, 2	2227, 8	68	-97, 8	9594, 8	4616, 4
3	32	-35, 2	1239	64	-101, 8	10363, 2	3583, 4
4	49	-18, 2	331, 2	110	-55, 8	3113, 6	1015, 6
5	55	-12, 2	148, 8	136	-29, 8	888	363, 6
6	71	3, 8	14, 4	171	5, 2	27	19, 8
7	78	10, 8	116, 6	123	-42, 8	1831, 8	-462, 2
8	104	36, 8	1354	212	46, 2	2134, 4	1700, 2
9	118	50, 8	2580	311	145, 2	21083	7376, 2
10	130	62, 8	3943, 8	416	250, 2	62600	15712, 6
Σ	672	-	14680, 4	1658	-	125421, 2	40126, 8
ср	67, 2	-	1468, 04	165, 8	-	12542, 12	4012, 68

Шаг 1. Определяем дисперсию факторного признака:

$$\delta^2 = \frac{\Sigma(x-\bar{x})^2}{n} = \frac{14680,4}{10} = 1468,04$$

Шаг 2. Определяем среднеквадратическое отклонение факторного признака:

$$\delta = \sqrt{\frac{\Sigma(x-\bar{x})^2}{n}} = \sqrt{\delta^2} = \sqrt{1468,04} = 38,3$$

Шаг 3. Определяем дисперсию результативного признака:

$$\delta^2 = \frac{\Sigma(y-\bar{y})^2}{n} = \frac{125721,2}{10} = 12572,12$$

Шаг 4. Определяем среднеквадратическое отклонение результативного признака:

$$\delta = \sqrt{\frac{\Sigma(y-\bar{y})^2}{n}} = \sqrt{\delta^2} = \sqrt{12572,12} = 112,1$$

Шаг 5. Определяем коэффициент корреляции Пирсона:

$$r_{xy} = \frac{\Sigma(x-\bar{x})*(y-\bar{y})}{\sqrt{\Sigma(x-\bar{x})^2*\Sigma(y-\bar{y})^2}} = \frac{40126,8}{\sqrt{14680,4*125421,2}} = 0,93$$

Или

$$r = \frac{\frac{\Sigma(x-\bar{x})*(y-\bar{y})}{n}}{\delta_x*\delta_y} = \frac{\frac{40126,8}{10}}{38,3*112,1} = \frac{4012,68}{4293,43} = 0,93$$

Полученный коэффициент корреляции сравниваем со шкалой Чеддока, и убеждаемся, что связь между рассматриваемыми показателями весьма высокая

Таблица 4

ШКАЛА ЧЕДДОКА

Коэффициент корреляции	0,1-0,3	0,3-0,5	0,5-0,7	0,7-0,9	0,9-0,99
Связь	слабая	умеренная	заметная	высокая	весьма высокая

Квадрат линейного коэффициента корреляции r^2 называется линейным коэффициентом детерминации. Из определения коэффициента очевидно, что его числовое значение всегда заключено в пределах от 0 до 1, т.е. $0 \leq r^2 \leq 1$.

Коэффициент детерминации определяем по следующей формуле:

$$R = r^2 * 100 = 0,93^2 * 100 = 86,5\%$$

Это означает, что 86,5% продукции получены за счет экстенсивного фактора.

Шаг 6. Определяем существенность и значимость коэффициента корреляции на основе t - критерия Стьюдента. Для этого определяется расчетное значение критерия:

$$t_{\text{расч.}} = \frac{r\sqrt{n-2}}{\sqrt{1-r^2}} = \frac{0,93\sqrt{10-2}}{\sqrt{1-0,86}} = \frac{2,6}{0,37} = 7,0$$

Шаг 7. Определяем число степеней свободных:

$$df = n-2 = 10-2 = 8$$

Если $t_{\text{расч.}} > t_{\text{табл.}}$, то линейный коэффициент считается значимым, связь между x и y – существенной.

По таблице Стьюдента определяем табличное значение. Оно равно 2,306.

$$7,0 > 2,306.$$

Таблица 4

КРИТИЧЕСКИЕ ЗНАЧЕНИЯ Т-КРИТЕРИЯ СТЬЮДЕНТА

df	p		
	0,05	0,01	0,001
1	12,70	63,65	636,61
2	4,303	9,925	31,602
3	3,182	5,841	12,923
4	2,776	4,604	8,610
5	2,571	4,032	6,869
6	2,447	3,707	5,959
7	2,365	3,499	5,408
8	2,306	3,355	5,041
9	2,262	3,250	4,781
10	2,228	3,169	4,587

Итак, были рассмотрены методика расчета коэффициента корреляции Фехнера и Пирсона, определение существенности и значимости коэффициента корреляции на основе t - критерия Стьюдента их область применения в медицинских биологических биофизических и экономических науках.

Список литературы:

1. Громыко А. Д. Общая теория статистики. М., 2014.
2. Арутюнова Н. Д. Истина: фон и коннотации // Логический анализ языка. Культурные концепты. М., 1991. с. 21-31.
3. Мырзаibraimov Р. М. Решение комплексных сквозных задач по экономическому анализу. Ламберт, 2019. С. 8-19.

References:

1. Gromyko, A. D. (2014). Obshchaya teoriya statistiki. Moscow. (in Russian).
2. Arutyunova, N. D. (1991). Istina: fon i konnotatsii. In *Logicheskii analiz yazyka. Kul'turnye kontsepty*, Moscow. 21-31. (in Russian).
3. Myrzaibraimov, R. M. (2019). Reshenie kompleksnykh skvoznykh zadach po ekonomicheskomu analizu. Lambert, 8-19. (in Russian).

*Работа поступила
в редакцию 13.09.2021 г.*

*Принята к публикации
17.09.2021 г.*

Ссылка для цитирования:

Саадалов Т. Ы., Мырзаibraimov Р. М., Абдуллаева Ж. Д. Методика расчета коэффициента корреляции Фехнера и Пирсона, и их области применения // Бюллетень науки и практики. 2021. Т. 7. №10. С. 270-276. <https://doi.org/10.33619/2414-2948/71/31>

Cite as (APA):

Saadalov, T., Myrzaibraimov, R., & Abdullaeva, Zh. (2021). Calculating Procedure for the Correlation Coefficient of Fechner and Pearson and Their Application Areas. *Bulletin of Science and Practice*, 7(10), 270-276. (in Russian). <https://doi.org/10.33619/2414-2948/71/31>