

УДК 316.612

<https://doi.org/10.33619/2414-2948/46/48>

МОДЕЛИРОВАНИЕ СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ, ВЛИЯЮЩИХ НА ЭФФЕКТИВНОСТЬ ТРУДА ПРЕПОДАВАТЕЛЕЙ

©Аликариев Н. С., д-р экон. наук, Национальный университет
Узбекистана им. Мирзо Улугбека, г. Ташкент, Узбекистан, aliquoriyev@mail.ru

MODELING OF SOCIO-ECONOMIC FACTORS AFFECTING EFFICIENCY OF TEACHERS ACTIVITY

©*Alikariyev N. Dr. habil., National University of Uzbekistan named after Mirzo Ulugbek,
Tashkent, Uzbekistan, aliquoriyev@mail.ru*

Аннотация. Для исследования интенсивности, вида и формы зависимостей широко применяется корреляционно–регрессионный анализ. При анализе факторов, влияющих на производительность труда, важно выявлять их значимость в общей совокупности результативности. Экономико–статистические модели описывают и воспроизводят в формализованном виде реальные экономические системы, имитируя их поведение в изменяющейся среде. Дисперсионный анализ — это выявление и оценка отдельных факториальных признаков, обуславливающих изменчивость результативного признака. Методом расчета определена значимость различных факторов. Значимыми оказались: средний возраст, рентабельность, коэффициент использования, выработка одного работника и средняя заработная плата на одного человека.

Abstract. Correlation and regression analysis is widely used to study the intensity, type, and form of dependencies. When analyzing the factors affecting labor productivity, it is important to identify their significance in the overall totality of performance. Economic-statistical models describe and reproduce in a formalized form real economic system, imitating their behavior in a changing environment. Dispersion analysis is the identification and assessment of individual factorial signs that determine the variability of the resultant trait. The method of calculation determines the significance of various factors. Significant were the average age, profitability, utilization rate, the production of one employee and the average wage per person.

Ключевые слова: образование, преподаватели, эффективность труда, факторы, объект исследования, моделирование, корреляционно-регрессионный анализ, дисперсионный анализ, дисперсия, однофакторный дисперсионный анализ, двусторонний дисперсионный анализ.

Keywords: education, teachers, labor efficiency, factors, object of research, modeling, correlation and regression analysis, analysis of variance, dispersion, one-way analysis of variance, two-way analysis of variance.

Большинство явлений и процессов находятся в постоянной взаимной и всеохватывающей объективной связи. Исследование зависимостей и взаимосвязей между объективно существующими явлениями и процессами играет большую роль в различных сферах общественной жизни. Оно дает возможность глубже понять сложный механизм причинно-следственных отношений между явлениями. Для исследования интенсивности,

вида и формы зависимостей широко применяется корреляционно-регрессионный анализ, который является методическим инструментарием при решении задач прогнозирования, планирования и анализа деятельности вузов.

Экономико-статистические модели описывают и воспроизводят в формализованном виде реальные социально-экономические системы, имитируя их поведение в изменяющейся среде. Вместе с тем сама модель является системой, преобразующей некоторый набор факторов (факторные признаки) на входе в выходные результаты (результативные признаки).

Качество моделей, их адекватность реальным процессам определяются не только набором входных величин, но и выбранной формой связи. Практически невозможно отобразить все многообразие условий, факторов и взаимосвязей реального явления, поэтому в процессе экономико-статистического моделирования рассматривают наиболее существенные из них [1].

При изучении и анализе социально-экономических факторов, влияющих на эффективность труда преподавателей, одним из важнейших моментов является выявление значимости влияния тех или других факторов в их общей совокупности на результативный показатель. На практике это весьма затруднительно. Задача облегчается, если здесь можно воспользоваться методом дисперсионного анализа, являющегося одним из разделов математической статистики.

Дисперсионный анализ — это выявление и оценка отдельных факториальных признаков, обуславливающих изменчивость результативного признака. Каждый факториальный признак варьирует в общей совокупности единиц. Принятый способ измерения и анализа вариации этих признаков и является основой дисперсионного анализа как метода изучения значимости факторов.

Задача дисперсионного анализа состоит в том, чтобы из общей вариативности признака вычленил:

- изменчивость, обусловленную действием каждой из исследуемых независимых переменных;
- изменчивость, обусловленную взаимодействием исследуемых признаков;
- случайную изменчивость, обусловленную всеми другими неизвестными переменными.

Идея дисперсионного анализа состоит в разложении общей дисперсии результативного признака на части, обусловленные влиянием контролируемых факторов, и остаточную дисперсию, объясняемую неконтролируемым влиянием или случайными обстоятельствами. Выводы о существенности влияния контролируемых факторов на результат производятся путем сравнения частей общей дисперсии при выполнении требования нормальности распределения результативного признака.

Известно много моделей дисперсионного анализа. Они классифицируются, с одной стороны, по математической природе факторов (детерминированные, случайные и смешанные) и, с другой стороны по числу контролируемых факторов (однофакторные и многофакторные модели). Модели с более чем одним фактором дают возможность исследовать влияние на результат не только отдельных контролируемых факторов (главные влияния), но и их наложение (взаимодействия). По способу организации исходных данных среди моделей дисперсионного анализа выделяют полные и неполные т-факторные планы, полные и неполные блочные планы и рандомизированные (случайные) блочные планы [1].

Объектом исследования дисперсионного анализа являются стохастические связи между откликом (реакцией) и факторами, когда последние носят не количественный, а

качественный характер [2]. Основная идея дисперсионного анализа состоит в сравнении «факторной дисперсии», порождаемой воздействием фактора, и «остаточной дисперсии», обусловленной случайными причинами [3]. Если различие между этими дисперсиями значимо, то фактор оказывает существенное влияние на X ; в этом случае средние величины наблюдаемых значений на каждом уровне (групповые средние) различаются также значимо. Если уже установлено, что фактор существенно влияет на X , а требуется выяснить, какой из уровней оказывает наибольшее воздействие, то сравнение средних дополнительно производят попарно. Существует две модели дисперсионного анализа:

- с фиксированными уровнями факторов,
- со случайными факторами.

В зависимости от количества факторов, определяющих вариацию результативного признака, дисперсионный анализ подразделяют на однофакторный и многофакторный.

Основными схемами организации исходных данных с двумя и более факторами являются:

- перекрестная классификация, которая характерна для моделей с фиксированными уровнями факторов.
- иерархическая (гнездовая) классификация, характерная для моделей со случайными факторами.

В основе дисперсионного анализа лежит разделение дисперсии на части или компоненты. Внутригрупповая дисперсия объясняет влияние неучтенных при группировке факторов, а межгрупповая дисперсия объясняет влияние факторов группировки на среднее значение по группе.

Однофакторный дисперсионный анализ может быть использован для выявления наиболее существенных связей между переменными при качественном исследовании объектов различной природы. Однофакторный дисперсионный анализ используется для сравнения средних значений для трех и более выборок.

В качестве недостатка, возможно говорить о невозможности выделить те выборки, которые отличаются от других. Для этой цели необходимо использовать метод Шеффе или проводить парные сравнения выборок. Многофакторный дисперсионный анализ, помимо функций однофакторного дисперсионного анализа, оценивает межфакторное взаимодействие [4].

На практике часто возникает необходимость проверки существенности различия выборочных средних m совокупностей ($m > 2$). Например, требуется оценить влияние различных факторов на эффективность труда преподавателей, повышение познавательной активности студентов на показатели качества образования, совершенствования механизмов системы социального управления на изучаемые показатели и т.п. Для эффективности решения такой задачи нужен новый подход, который и реализуется в дисперсионном анализе.

Как отмечалось, дисперсионный анализ — это статистический метод анализа результатов испытаний, цель которого оценить влияние одного или нескольких качественных факторов на рассматриваемую величину X , а также для последующего планирования. То есть, это анализ изменчивости признака под влиянием контролируемых переменных факторов. В зарубежной литературе дисперсионный анализ часто обозначается как ANOVA (analysis of variance), что переводится как анализ вариативности. Автором метода является Р. А. Фишер [6].

По числу факторов, влияние которых исследуется, различают однофакторный и многофакторный дисперсионный анализы. Сущность дисперсионного анализа заключается в

расчленении общей дисперсии изучаемого признака на отдельные компоненты, обусловленные влиянием конкретных факторов, и проверке гипотез о значимости влияния этих факторов на исследуемый признак.

Дисперсионный двухфакторный анализ применяется в тех случаях, когда исследуется одновременное действие двух факторов на различные выборки объектов, то есть, когда различные выборки оказываются под воздействием различных сочетаний двух факторов. Может случиться, что одна переменная значимо действует на изучаемый признак только при определенных значениях другой переменной. Суть метода остается прежней, как и при однофакторной модели, но в двухфакторном дисперсионном анализе можно проверить большее количество гипотез [5].

Решение задачи двухфакторного дисперсионного анализа зависит от количества проведенных наблюдений при каждой комбинации уровней факторов, если, иначе говоря, в каждой клетке двухфакторного комплекса.

Дисперсионный анализ предназначен для оценки влияния различных, но контролируемых факторов на результат эксперимента. Пусть результатом эксперимента является некоторая случайная величина Y , называемая также откликом. На значения случайной величины Y влияет фактор X , состоящий из n -уровней. В зависимости от количества факторов, включенных в анализ, различают однофакторный, двухфакторный и многофакторный дисперсионный анализ.

Проведение дисперсионного анализа возможно, если результаты измерений являются независимыми случайными величинами, подчиняющимися нормальному закону распределения с одинаковыми дисперсиями. При однофакторном дисперсионном анализе выявляется степень влияния одного фактора X на математическое ожидание отклика $M(Y)$. Фактор может быть количественным или качественным. В процессе эксперимента фактор X поддерживают на n -уровнях. На каждом уровне фактора проводится m дублирующих опытов. Значение m может быть одинаковым или разным для каждого из уровней. Результаты всех измерений представляют в виде таблицы, которую называют матрицей наблюдений.

Вначале для каждой серии дублирующих опытов вычисляют средние арифметические μ_i , являющиеся оценками $M(Y_i)$ и дисперсии воспроизводимости S_{Bi}^2

Таблица 1.

Формулы для расчета дисперсий в дисперсионном анализе

Средняя арифметическая (групповая) $\mu_i = \frac{1}{m_i} \sum_{j=1}^{m_i} Y_{ij}$	Дисперсия воспроизводимости (групповая) $S_{Bi}^2 = \frac{1}{m_i} \sum_{j=1}^{m_i} (Y_{ij} - \mu_i)^2$	Остаточная (внутригрупповая) дисперсия $S_B^2 = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n S_{Bi}^2$
Общая средняя $\mu = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \mu_i$	Факторная (межгрупповая) дисперсия $S_{\text{факт}}^2(X) = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n m_i (\mu_i - \mu)^2$	Общая (полная) дисперсия $S_{\text{общ}}^2 = \frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^{m_i} (Y_{ij} - \mu)^2$

Если $F_{\text{набл}} \leq F_{\text{кр}}(\alpha; k_1; k_2)$, то влияние фактора X несущественно. Следовательно, все полученные результаты измерений принадлежат одной генеральной совокупности, распределенной нормально с параметрами μ и $S_{\text{общ}}^2$.

При $F_{\text{набл}} > F_{\text{кр}}(\alpha; k_1; k_2)$ влияние фактора принимают существенным. Полагают, что в данном случае есть n нормально распределенных совокупностей, каждая из которых имеет соответствующее математическое ожидание μ_i и одну и ту же дисперсию $S_{\text{в}}^2$. Оценка эффекта влияния i -го уровня фактора равна разности общей и групповой средних ($F_i = \mu_i - \mu$).

Предположим, что фактор X влияет на отклик Y . Для измерения степени этого влияния используют выборочный коэффициент детерминации, равный отношению дисперсий:

$$\bar{d} = \frac{S_{\text{факт}}^2(n-1)}{S_{\text{общ}}^2(N-n)} = \frac{S_{\text{факт}}^2(n-1)}{S_{\text{факт}}^2(n-1) + S_{\text{в}}^2n}$$

Выборочный коэффициент детерминации показывает, какую долю выборочной общей дисперсии составляет факторная дисперсия (групповых средних), т.е. какая доля общей дисперсии объясняется зависимостью отклика Y от фактора X .

Существуют условия применения дисперсионного анализа:

1. Задачей исследования является определение силы влияния одного (до 3) факторов на результат или определение силы совместного влияния различных факторов (пол и возраст, физическая активность и питание и т.д.).

2. Изучаемые факторы должны быть независимые (несвязанные) между собой. Например, нельзя изучать совместное влияние стажа работы и возраста, роста и веса детей и т.д. на заболеваемость населения.

3. Подбор групп для исследования проводится рандомизированно (случайный отбор).

4. Организация дисперсионного комплекса с выполнением принципа случайности отбора вариантов называется рандомизацией (*перев. с англ. — random*), т.е. выбранные наугад.

Можно применять как количественные, так и качественные (атрибутивные) признаки.

Классический дисперсионный анализ проводится по следующим этапам:

1. Построение дисперсионного комплекса.

2. Вычисление средних квадратов отклонений.

3. Вычисление дисперсии.

4. Сравнение факторной и остаточной дисперсий.

5. Оценка результатов с помощью теоретических значений распределения Фишера-Снедекора

6. Современные приложения дисперсионного анализа охватывают широкий круг задач экономики, биологии и техники и трактуются обычно в терминах статистической теории выявления систематических различий между результатами непосредственных измерений, выполненных при тех или иных меняющихся условиях.

7. Благодаря автоматизации дисперсионного анализа исследователь может проводить различные статистические исследования с применением ЭВМ, затрачивая при этом меньше времени и усилий на расчеты данных. В настоящее время существует множество пакетов прикладных программ, в которых реализован аппарат дисперсионного анализа. Наиболее распространенными являются такие программные продукты как: MS Excel, Statistica; Stadia; SPSS [5].

В современных статистических программных продуктах реализованы большинство статистических методов. С развитием алгоритмических языков программирования стало возможным создавать дополнительные блоки по обработке статистических данных. Дисперсионный анализ является мощным современным статистическим методом обработки и анализа экспериментальных данных в гуманитарных науках. Он очень тесно связан с конкретной методологией планирования и проведения экспериментальных исследований.

Если имеем дело с многофакторным процессом, то с помощью дисперсионного анализа удастся определить дисперсии, обусловленные действием каждого фактора в отдельности, и оценить статистическую значимость этих величин. С помощью дисперсионного анализа находятся значения получаемых в результате специальных расчетов отношений факториальной дисперсии (S_A^2) к случайной (S_R^2). Эта последняя сравнивается с величиной теоретических значений F (критерий Фишера): таблицы таких значений приводятся в соответствующих пособиях по математической статистике. Если расчетное значение F окажется меньше табличного, то нет основания принимать во внимание влияние рассматриваемого фактора; если же расчетное значение F больше табличного, то следует считать, что рассматриваемые факторы влияют на изучаемое явление.

Охарактеризуем вкратце технику расчета по дисперсионному анализу.

Пусть число факторов, принадлежащих к одному объекту изменчивости, равно p и под действием фактора A_g ($g = \overline{1, p}$) наблюдалось n_g значений величины x_g . Обозначим через x_{gh} значение h -го числа в данной группе. Тогда среднее значение по каждой группе составит:

$$\bar{x}_g = \frac{\sum_{h=1}^{n_g} x_{gh}}{n_g}, \quad (1)$$

а общее среднее значение по всей совокупности наблюдений

$$\bar{x} = \frac{\sum_{g=1}^p \sum_{h=1}^{n_g} x_{gh}}{n}. \quad (2)$$

Для дисперсионного анализа нужно сумму квадратов n отклонений значений x_{gh} от общего среднего значения разложить на составные части, одна из которых соответствует объекту изменчивости, а другая — влиянию случайных причин.

Общая сумма квадратов отклонений равна

$$Q = Q_R + Q_A, \quad (3)$$

где Q_R , Q_A — суммы квадратов отклонений а) групповых средних от общей средней, б) внутри групп, т. е. под влиянием случайных неизучаемых факторов.

Величина Q может быть вычислена по формуле

$$Q = \sum_{g=1}^p \sum_{h=1}^{n_g} (x_{gh} - \bar{x})^2, \quad (4)$$

величина Q_A — по формуле

$$Q_A = \sum_{g=1}^p \sum_{h=1}^{n_g} (x_{gh} - \bar{x}_g)^2, \quad (5)$$

величина Q_R — по формуле

$$Q_R = \sum_{g=1}^p \sum_{h=1}^{n_g} (x_{gh} - \bar{x})^2, \quad (6)$$

Сумма квадратов отклонений внутри групп представляет собой разницу между общей суммой квадратов отклонений и суммой квадратов отклонений между группами:

$$Q_R = Q - Q_A. \quad (7)$$

Наиболее удобно для вычисления Q , Q_R и Q_A пользоваться формулами, полученными на основе разложения выражений (4) и (6):

$$Q = \sum_{g=1}^p \sum_{n=1}^{n_g} x_{gh}^2 - n\bar{x}^2, \quad (8)$$

$$Q_A = \sum_{g=1}^p n_g \bar{x}_g^2 - n\bar{x}^2, \quad (9)$$

$$Q_R = \sum_{g=1}^p \sum_{n=1}^{n_g} x_{gh}^2 - \sum_{g=1}^p n_g \bar{x}_g^2. \quad (10)$$

Деление на соответствующее число степеней свободы $n-1$, $p-1$ и $n-p$ суммы квадратов отклонений Q , Q_A и Q_R даст оценки дисперсии S^2 , S_A^2 и S_R^2 (S^2 — общая дисперсия, S_A^2 — факториальная, S_R^2 — остаточная).

$$S^2 = \frac{Q}{n-1}, \quad S_A^2 = \frac{Q_A}{p-1}, \quad S_R^2 = \frac{Q_R}{n-p}. \quad (11)$$

Сравнению подвергаются дисперсия S_A^2 , вызываемая рассматриваемыми факторами, и остаточная S_R^2 , возникающая уже после устранения влияния факторов.

Если в рассматриваемом случае $S_A^2 > S_R^2$, то дисперсионное отношение берется в виде

$$F = \frac{S_A^2}{S_R^2}, \quad (12)$$

если же $S_A^2 < S_R^2$, то

$$F = \frac{S_R^2}{S_A^2} \quad (13)$$

В соответствии с числом степеней свободы выбираются табличные значения дисперсионных отношений для вероятности.

Таким образом, общую схему дисперсионного анализа при однофакторном комплексе можно представить в виде последовательных операций:

1. группировки;
2. определения средних по группам и общей средней;
3. вычисления суммы квадратов отклонений групповых средних от общей средней;
4. то же — всех наблюдаемых значений от общей средней;
5. то же — внутри групп как разницы между общей суммой квадратов и суммой квадратов между группами;
6. нахождения числа степеней свободы вариации по группам и внутри групп;

7. определения между- и внутригрупповой дисперсии (с учетом числа степеней свободы) и отношения большей величины дисперсии к меньшей;
8. выбора значений F по таблицам с заданной вероятностью;
9. сравнения вычисленного значения с табличным и вывод о достоверности или недостоверности влияния изучаемых факторов.

Как пример расчета рассмотрим дисперсионный анализ влияния выработки одного преподавателя (в сумах) на движение кадров. За исходную информацию взяты условные данные различных групп. Выработка на одного преподавателя, средний возраст группы и другие средние показатели рассчитаны автором.

Методом группировок значения рассматриваемого фактора распределены на четыре группы. Количество наблюдений по каждой группе составило:

$$n = n_I + n_{II} + n_{III} + n_{IV} = 8 + 14 + 11 + 8 = 41$$

Найдем сумму значений факторов и средние значения выработки одного преподавателя по каждой группе (Таблица 2). Требуется определить, является ли различие между средними значениями существенным или его можно объяснить случайным составом частных совокупностей.

Таблица 2

Группа	Выработка одного преподавателя, сум.	$\sum x_i$	n_g	\bar{x}
I	308; 257; 355; 336; 441; 338; 365; 316;	2716	8	339,50
II	307; 301; 349; 292; 331; 318; 350; 368;	4636	14	331,14
III	359; 331; 339; 372; 305; 312;			
	311; 381; 316; 208; 358; 175;			
IV	351; 357; 411; 454; 426;	3748	11	340,72
	116; 135; 149; 178; 164; 385; 331; 370;	1828	8	228,50
Всего		12 928	41	310,00

Для облегчения вычислений будем вместо значений x рассматривать их отклонения x_{gh} от общего среднего значения. Отклонения значений признаков, их суммы $\sum x_{gh}$ средние значения \bar{x}_g , суммы квадратов средних значений $\sum x_{gh}^2$ соответствующее число наблюдений n_g приведены в Таблице 3.

Таблица 3

Группа	Отклонения от средних x_{gh}	$\sum x_{gh}$	n_g	\bar{x}_g	$\sum x_{gh}^2$	$n_g \bar{x}_g^2$
I	-2; -53; 45; 26; 131; 28; 55; 6	136,0	8	17,0	26 520	2312
II	-3; -9; 39; -18; 21; 8; 30; 58; 49;	285	14	20,35	14 251	5797,68
	21; 29; 62; -4; 2					
III	1; 71; 6; 102; 48; -135; 41; 47; 101; 144; 116	238	11	21,63	84 294	5146,35
IV	-206; 175; -161; -132; -146;	-664	8	-83	14 7383	55112
	75; 21; 60					
Всего		-5	41	-24,02	272 448	68368,03

Пользуясь данными Таблицы 3 и формулами (8), (9) и (10), определим дисперсию признаков:

$$1. Q = \sum_{g=1}^p \sum_{n=1}^{n_g} x_{gh}^2 - n \bar{x}^2 = 272448 - 41 (-24,03)^2 = 272448 - 23675,04 = 248 772,96;$$

$$2. Q_A = \sum_{g=1}^p n_g \bar{x}_g^2 - n \bar{x}^2 = 68\,368,03 - 23\,675,04 = 44\,692,99;$$

$$3. Q_R = \sum_{g=1}^p \sum_{h=1}^{n_g} x_{gh}^2 - \sum_{g=1}^p n_g \bar{x}_g^2 = 272\,448 - 68\,368,03 = 204\,079,97.$$

Исходя из этих данных вычисляем оценки дисперсии:

$$\begin{aligned} S^2 &= \frac{Q}{n-1} = \frac{248\,772,96}{40} = 6\,219,32; \\ S_A^2 &= \frac{Q_A}{p-1} = \frac{44\,692,99}{3} = 14\,897,66; \\ S_R^2 &= \frac{Q_R}{n-p} = \frac{204\,079,97}{37} = 5\,515,67. \end{aligned}$$

Для оценки влияния выработки одного преподавателя на движение кадров можно сравнить дисперсию по факторам S_A^2 и S_R^2 . Так как в рассматриваемом примере $S_A^2 > S_R^2$, дисперсионное отношение составит

$$F = \frac{S_A^2}{S_R^2} = \frac{14\,897,66}{5\,515,67} = 2,70.$$

При этом число степеней свободы, соответствующее факториальной дисперсии ν , равно 3, меньшей дисперсии (ν_2) — 37, а общей дисперсии — 40.

Из табличных значений выбираем соответствующее данному числу степеней свободы.

Для вероятности $p = 0,05$ табличное значение F_τ составит 2,86, то есть, $F_\tau < F_p$. Это доказывает, что выработка одного преподавателя на изучаемых объектах является существенным фактором, заметно влияющим на движение кадров.

Аналогичным методом расчета определена значимость других факторов. При 5% доверительном уровне значимыми оказались: средний возраст, рентабельность, коэффициент использования, выработка одного преподавателя и средняя заработная плата на одного человека. Другие факторы оказались незначимыми. Очевидно, каждый из этих факторов, взятый отдельно, влияет на эффективность труда преподавателей опосредованно, то есть, через другие факторы.

Таким образом, дисперсионный анализ позволяет установить влияние ряда факторов на основные социально-экономические показатели вузов.

Подводя итоги, можно сказать, что целью дисперсионного анализа является проверка статистической значимости различия между средними (для групп или переменных). Эта проверка проводится с помощью разбиения суммы квадратов на компоненты, то есть, с помощью разбиения общей дисперсии (вариации) на части, одна из которых обусловлена случайной ошибкой (то есть внутригрупповой изменчивостью), а вторая связана с различием средних значений. Последняя компонента дисперсии затем используется для анализа статистической значимости различия между средними значениями. Если это различие значимо, нулевая гипотеза отвергается и принимается альтернативная гипотеза о существовании различия между средними.

Список литературы:

1. Бережная Е. В., Бережной В. И. Математические методы моделирования экономических систем. М.: Финансы и статистика, 2011. 432 с.
2. Горяинов В. Б., Павлов И. В., Цветкова Г. М. Математическая статистика. М.: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2001. 424 с.
3. Гмурман В. Е. Теория вероятностей и математическая статистика. М.: Высшая школа. 2003. 479 с.
4. Шеффе Г. Дисперсионный анализ. М.: Наука, 1980. 512 с.
5. Богданова М. Г., Старожилова О. В. Теория вероятностей и математическая статистика. Регрессионный анализ, дисперсионный анализ. Самара, 2015. 144 с.
6. Fisher R. A. The statistical utilization of multiple measurements // *Annals of eugenics*. 1938. V. 8. №4. P. 376-386. <https://doi.org/10.1111/j.1469-1809.1938.tb02189.x>

References:

1. Berezhnaya, E. V., & Berezhnoi, V. I. (2011). *Matematicheskie metody modelirovaniya ekonomicheskikh sistem*. Moscow. Finansy i statistika, 432. (in Russian).
2. Goryainov, V. B., Pavlov, I. V., & Tsvetkova, G. M. (2001). *Matematicheskaya statistika*. Moscow. Izd-vo MG TU im. N. E. Bauman, 424. (in Russian).
3. Gmurman, V. E. (2003). *Teoriya veroyatnostei i matematicheskaya statistika*. Moscow. Vysshaya shkola. 479. (in Russian).
4. Sheffe, G. (1980). *Dispersionnyi analiz*. Moscow. Nauka, 512. (in Russian).
5. Bogdanova, M. G., & Starozhilova, O. V. (2015). *Teoriya veroyatnostei i matematicheskaya statistika. Regressionnyi analiz, dispersionnyi analiz*. Samara: INUTPGUTI, 144. (in Russian).
6. Fisher, R. A. (1938). The statistical utilization of multiple measurements. *Annals of eugenics*, 8(4), 376-386. <https://doi.org/10.1111/j.1469-1809.1938.tb02189.x> (in Russian).

*Работа поступила
в редакцию 26.07.2019 г.*

*Принята к публикации
29.07.2019 г.*

Ссылка для цитирования:

Аликариев Н. С. Моделирование социально-экономических факторов, влияющих на эффективность труда преподавателей // Бюллетень науки и практики. 2019. Т. 5. №9. С. 366-375. <https://doi.org/10.33619/2414-2948/46/48>

Cite as (APA):

Alikariev, N. (2019). Modeling of Socio-Economic Factors Affecting Efficiency of Teachers Activity. *Bulletin of Science and Practice*, 5(9), 366-375. <https://doi.org/10.33619/2414-2948/46/48> (in Russian).