

УДК 517.97: 532.526

**РЕГРЕССИОННЫЙ АНАЛИЗ: ОДНОФАКТОРНАЯ ЛИНЕЙНАЯ  
РЕГРЕССИЯ****Толмачева Ирина Игоревна,**

Преподаватель,

Мордовский государственный университет им. Н.П. Огарева

irina.tolmacheva.1999@gmail.com

**Аннотация**

Исследовательские испытания являются важной составляющей процесса познания и стимулируют научно-технический прогресс. Экспериментальные исследования в науке и технике основываются на предварительном анализе имеющихся данных об объекте и планирование эксперимента. Концепция планирования эксперимента используется для решения многих прикладных задач. Традиционный подход планирования эксперимента используется для решения многих прикладных задач. Поэтому целью исследования направлено на изучение влияния скорости обработки на количество произведенных деталей с использованием однофакторной линейной регрессии. Путем построения модели линейной регрессии и анализа коэффициентов регрессии и их статистической значимости можно будет определить, насколько значительно влияние скорости обработки на количество произведенных деталей и насколько точно описывается моделью, данный процесс производства. Для проведения исследования были собраны данные о скорости обработки и количестве произведенных деталей для каждого эксперимента. После этого была построена регрессионная модель и график зависимости, позволяющие увидеть какое количество произведенных деталей, используются на заданной скорости обработки. Полученные результаты исследования могут быть использованы для оптимизации процесса изготовления и повышения производительности предприятия. Таким образом, основным моментом научной новизны является оригинальность и уникальность подхода к анализу данных и получению новых научных знаний в соответствующей области исследования.

**Ключевые слова:** эксперимент, регрессионный анализ, скорость, регрессия, модель, обработка, планирование.

**REGRESSION ANALYSIS: SINGLE-VARIANT LINEAR REGRESSION****Tolmacheva Irina Igorevna,**

Lecturer,

Mordovian State University named after. N.P. Ogareva

ABSTRACT

Research tests are an important component of the learning process and stimulate scientific and technological progress. Experimental research in science and technology is based on a preliminary analysis of available data about an object and experimental planning. The traditional approach to experimental design is used to solve many applied problems. Therefore, the aim of the study is to investigate the influence of processing speed on the number of parts produced using single-factor linear regression. By building a linear regression model and analyzing the regression coefficients and their statistical significance, it will be possible to determine how significant the impact of processing speed on the number of parts produced is and how accurately this production process is described by the model. To conduct the study, data was collected on the processing speed and the number of parts produced for each experiment. After that, a regression model and a dependency graph were built to see how many manufactured parts are used at a given processing speed. The findings of this study can be employed to refine the manufacturing process and enhance the efficiency of the company. Consequently, the key aspect of scientific innovation lies in the novelty and distinctiveness of the method employed for data examination and the generation of novel scientific insights in the pertinent area of inquiry.

---

**Keywords:** experiment, regression analysis, speed, regression, model, processing, planning

---

#### Введение

Планирование эксперимента один из основных этапов экспериментального исследования, который включает раздел – математическая статистика, изучающая рациональную организацию измерений, подверженных случайным ошибкам [1, с. 5]. «План эксперимента – назначение обработок каждой экспериментальной единице и порядок их выполнения» [2 с. 7; 3].

Планирование и организация эксперимента – это процесс систематического и структурированного подхода к проведению научного исследования с целью получения достоверных результатов и выводов.

Для повышения производительности труда и надежности в получение достоверных результатов измерений применяют планирование эксперимента, который дает возможность проводить исследования: целенаправленно и организовано. «Использование любых математических методов требует тщательного изучения области его применимости. Это относится и к линейной регрессии» [4].

Традиционно линейные регрессии принято интерпретировать в условиях слабой корреляции объясняющих переменных [5]. «Ключевым методом исследования влияния одной или нескольких объясняющих переменных на объясняемую переменную является регрессионный анализ, применение которого приводит к построению математических моделей статистического типа – регрессионных моделей» [6]. Регрессионные модели широко применяются для анализа и предсказания данных [7].

Применение регрессионного вида анализа – план эксперимента. Регрессионный эксперимент состоит из выбора значений (точки плана) и числа опытов в этих точках.

Однофакторная линейная регрессия – это основной инструмент статистического анализа. Используется в различных научно-исследовательских областях и сферах жизни.

Эффективное применение методов планирования эксперимента предъявляет два основных требования к объекту исследования:

1) результаты эксперимента должны быть воспроизводимы. Если провести серию измерений в одинаковых условиях, но через разные промежутки времени, то произойдет

разброс результатов. Но результат не должен превышать заданную величину – это точность эксперимента.

2) объект исследования должен быть контролируемым.

Связь между планированием эксперимента и регрессионным анализом:

1) правильное планирование эксперимента позволяет собрать структурированные данные, необходимые для проведения регрессионного анализа;

2) на основе результатов эксперимента можно строить регрессионные модели для анализа влияния факторов на исследуемую зависимую переменную.

Оба метода имеют ключевое значение в исследовательской деятельности и позволяют ученым и исследователям делать обоснованные выводы на основе собранных данных и проведенного анализа.

Целью регрессионного анализа является определение степени зависимости между зависимой переменной (количество произведенных деталей) и одной или несколькими независимыми переменными (например, скорость обработки) [8].

У регрессионного анализа можно выделить основные задачи, это:

1) оценка значимости взаимосвязи – влияние независимых переменных на зависимую переменную, т.е. влияние факторов на экспериментальный процесс;

2) прогнозирование;

3) идентификация важных факторов – выявление параметров, которые оказывают влияние на исследуемый процесс.

Регрессионный анализ является основным методом современной математической статистики для выявления скрытых и неявных связей между данными наблюдений [9], исследования взаимосвязей между переменными и построением моделей для дальнейшей оптимизации производственных процессов.

Однофакторная линейная регрессия – регрессионная зависимость между двумя переменными  $y$  и  $x$  (модель) вида [10, 11 с. 37]:

$$y = b_0 + b_1 x + \varepsilon \quad (1)$$

где  $y$  – зависимая переменная (количество произведенных деталей),  $x$  – независимая переменная (скорость обработки),  $b_0$  – коэффициент сдвига,  $b_1$  – коэффициент наклона,  $\varepsilon$  – случайная ошибка [11, с. 37].

Целью однофакторной линейной регрессии является то, что нужно построить линию/плоскость, которая описывает отношение между независимыми и зависимыми переменными. Хорошо спланированный эксперимент позволяет получить надежные данные и сделать обоснованные выводы на основе полученных результатов исследования.

Таким образом, основным моментом научной новизны является оригинальность и уникальность подхода к анализу данных и получению новых научных знаний в соответствующей области исследования.

Цель исследования направлено на изучение влияния скорости обработки на количество произведенных деталей с использованием однофакторной линейной регрессии.

Материалы и методы исследования

Материал исследования представляет собой исходные данные, включающие наблюдения по двум переменным: скорость обработки и количество произведенных деталей. Для получения достоверных результатов и построения графика зависимости необходимо привести 2 эксперимента. При расчетах предполагается возможность использования стандартного приложения Excel.

Методика исследования включает: сбор исходных данных, расчет и применение метода однофакторной линейной регрессии, результат и вывод. Методика исследования

позволит провести анализ: скорость обработки на конечный продукт производства, для дальнейшего совершенствования.

Результаты исследования и их обсуждение

Эксперимент №1. Исходные данные для определения уравнения линейной регрессии, его среднего квадратического отклонения (СКО) и границ доверительных интервалов [13] отображены в табл. 1.

Таблица 1

Исходные данные для эксперимента №1

№ п/п	Скорость об/мин		
	100	140	180
1	59	94	94
2	60	96	112
3	60	97	117
4	61	97	125
5	62	98	140
6	63	100	141
7	64	103	143
8	65	105	143
9	65	107	144
10	65	108	148

Примечание: составлена автором на основе полученных данных в ходе исследования

При использовании метода наименьших квадратов можно получить соотношения по формуле 2, [1 с. 47, 14]:

$$B = \frac{n \sum_{j=1}^n x_j Y_j - \sum_{j=1}^n x_j \sum_{j=1}^n Y_j}{n \sum_{j=1}^n x_j^2 - \left( \sum_{j=1}^n x_j \right)^2} = 0,85375; \quad (2)$$

$$A = \bar{Y} - B\bar{x}, \text{ где}$$

$$\bar{Y} = n^{-1} \sum_{j=1}^n Y_j \quad \bar{x} = n^{-1} \sum_{j=1}^n x_j$$

$$\bar{Y} = 97,867, \text{ отсюда } A = - 21,658.$$

Для определения качества аппроксимации пользуются оценкой СКО [1 с. 47, 14]:

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^n Y_j^2 - A \sum_{j=1}^n Y_j - B \sum_{j=1}^n x_j Y_j}{n - 2}} = 14,74 \quad (3)$$

Доверительные интервалы для А и В определяются из выражений [1 с. 47, 14]:

$$B - \frac{t_{n-2; 1-\frac{\gamma}{2}} S}{\sqrt{\sum_j (x_j - \bar{x})^2}} < \beta < B + \frac{t_{n-2; 1-\frac{\gamma}{2}} S}{\sqrt{\sum_j (x_j - \bar{x})^2}} \quad (4)$$

$$0,627 < \beta < 1,080$$

$$A - t_{n-2; 1-\frac{\gamma}{2}} \left[ \frac{1}{n} + \frac{\bar{x}^{-2}}{\sum_j (x_j - \bar{x})^2} \right]^{\frac{1}{2}} S < \alpha < A + t_{n-2; 1-\frac{\gamma}{2}} \left[ \frac{1}{n} + \frac{\bar{x}^{-2}}{\sum_j (x_j - \bar{x})^2} \right]^{\frac{1}{2}} S \quad (5)$$

где  $t_{n-2; 1-\gamma/2}$  – 50 $\gamma$  % точка t-распределения Стьюдента с (n-2) степенями свободы.  $- 54,251 < \alpha < 10,935$

Доверительный интервал для линии регрессии при  $x=x_0$  для математического ожидания Y [1 с. 47, 14]:

$$E(Y | x_0) = A + Bx_0$$

$$Y_1 = 63,71667$$

$$Y_2 = 97,86667$$

$$Y_3 = 132,0167$$

вычисляется с помощью выражения (6)

$$A + Bx_0 - t_{n-2; 1-\frac{\gamma}{2}} \left[ \frac{1}{n} + \frac{(x_0 - \bar{x})^2}{\sum_j (x_j - \bar{x})^2} \right]^{\frac{1}{2}} S < \alpha + \beta x_0 < A + Bx_0 + t_{n-2; 1-\frac{\gamma}{2}} \left[ \frac{1}{n} + \frac{(x_0 - \bar{x})^2}{\sum_j (x_j - \bar{x})^2} \right]^{\frac{1}{2}} S \quad (6)$$

100 (1- $\gamma$ ) % доверительный интервал по  $\chi^2$ -распределению  $\sigma^2$  имеет вид

$$\frac{(n-2)S^2}{\chi^2_{n-2; 1-\frac{\gamma}{2}}} < \sigma^2 < \frac{(n-2)S^2}{\chi^2_{n-2; \frac{\gamma}{2}}} \quad (7)$$

$$129,49 < \sigma^2 < 362,33$$

Эксперимент №2. Исходные данные для определения уравнения линейной регрессии, его СКО и границ доверительных интервалов [13] отображены в табл. 2.

Таблица 2

Исходные данные для эксперимента №2

№ п/п	Скорость об/мин		
	100	140	180
1	68	110	152
2	69	110	152
3	71	111	153
4	71	111	160
5	72	115	161
6	73	124	161
7	74	125	164
8	75	125	169
9	75	126	171
10	87	130	176

Примечание: составлена автором на основе полученных данных в ходе исследования  
 При использовании метода наименьших квадратов можно получить соотношения по формуле 8 [1 с. 47, 14]:

$$B = \frac{n \sum_{j=1}^n x_j Y_j - \sum_{j=1}^n x_j \sum_{j=1}^n Y_j}{n \sum_{j=1}^n x_j^2 - \left( \sum_{j=1}^n x_j \right)^2} = 1,105; \quad (8)$$

$A = \bar{Y} - B\bar{x}$ , где

$$\bar{Y} = n^{-1} \sum_{j=1}^n Y_j \quad \bar{x} = n^{-1} \sum_{j=1}^n x_j$$

$\bar{Y} = 118,03$ , отсюда  $A = -36,667$ .

Для определения качества аппроксимации пользуются оценкой СКО [1 с. 47, 15]:

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{j=1}^n Y_j^2 - A \sum_{j=1}^n Y_j - B \sum_{j=1}^n x_j Y_j}{n-2}} = 9,825 \quad (9)$$

Доверительные интервалы для А и В определяются из выражений

$$B - \frac{t_{n-2; 1-\frac{\gamma}{2}} S}{\sqrt{\sum_j (x_j - \bar{x})^2}} < \beta < B + \frac{t_{n-2; 1-\frac{\gamma}{2}} S}{\sqrt{\sum_j (x_j - \bar{x})^2}} \quad (10)$$

$$1,104 < \beta < 1,105$$

$$A - t_{n-2; 1-\frac{\gamma}{2}} \left[ \frac{1}{n} + \frac{\bar{x}^{-2}}{\sum_j (x_j - \bar{x})^2} \right]^{\frac{1}{2}} S < \alpha < A + t_{n-2; 1-\frac{\gamma}{2}} \left[ \frac{1}{n} + \frac{\bar{x}^{-2}}{\sum_j (x_j - \bar{x})^2} \right]^{\frac{1}{2}} S \quad (11)$$

где  $t_{n-2; 1-\gamma/2}$  – 50 $\gamma$  % точка t-распределения Стьюдента с (n-2) степенями свободы.  
 $-41,602 < \alpha < -31,730$

Доверительный интервал для линии регрессии при  $x=x_0$  для математического ожидания Y [1 с. 47, 14]:

$$E(Y | x_0) = A + Bx_0$$

$$Y_1 = 73,833$$

$$Y_2 = 118,033$$

$$Y_3 = 162,233$$

вычисляется с помощью выражения (12)

$$A + Bx_0 - t_{n-2; 1-\frac{\gamma}{2}} \left[ \frac{1}{n} + \frac{(x_0 - \bar{x})^2}{\sum_j (x_j - \bar{x})^2} \right]^{\frac{1}{2}} S < \alpha + \beta x_0 < A + Bx_0 + t_{n-2; \frac{\gamma}{2}} \left[ \frac{1}{n} + \frac{(x_0 - \bar{x})^2}{\sum_j (x_j - \bar{x})^2} \right]^{\frac{1}{2}} S \quad (12)$$

100 (1-γ) % доверительный интервал по χ<sup>2</sup>-распределению σ<sup>2</sup> имеет вид

$$\frac{(n-2)S^2}{\chi^2_{n-2; 1-\frac{\gamma}{2}}} < \sigma^2 < \frac{(n-2)S^2}{\chi^2_{n-2; \frac{\gamma}{2}}} \quad (13)$$

$$57,540 < \sigma^2 < 161,003$$

В таблицах 3 и 4 будут представлены значения доверительных интервалов для построения линий регрессии.

Таблица 3

Полученные значения доверительного интервала для линии регрессии (эксперимент №1)

Скорость об/мин	Показатели		
100	52,008	63,716	75,424
140	90,462	97,866	105,271
180	120,308	132,016	143,724

Примечание: составлена автором на основе полученных данных в ходе исследования

Таблица 4

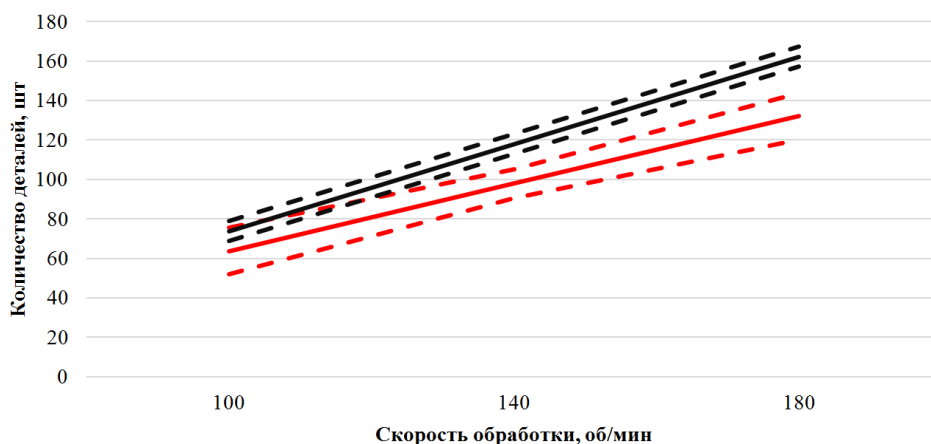
Полученные значения доверительного интервала для линии регрессии (эксперимент №2)

Скорость об/мин	Показатели		
100	68,897	73,833	78,769
140	113,097	118,033	122,96
180	157,297	162,233	167,169

Примечание: составлена автором на основе полученных данных в ходе исследования

На рис. 1 представлен график зависимости изготовления количества деталей от скорости их обработки, построен на результатах эксперимента.

Рис. 1. График зависимости изготовления количества деталей от скорости их обработки



Примечание: составлена автором по результатам данного исследования

«Таким образом, на основании экспериментальных данных и применения однофакторной линейной регрессии можно сделать вывод о прямой зависимости количества деталей от скорости их обработки, что может быть полезной информацией для оптимизации производственных процессов» [13].

**Заключение**

В ходе исследования были достигнуты следующие выводы: во-первых, изучены понятия, назначение регрессионного анализа и планирования эксперимента. А, во-вторых, были произведены расчеты: линейная регрессия, ее СКО и граница доверительных интервалов.

На основе проведенного эксперимента и обзора материала можно сделать следующее заключение:

1. При анализе экспериментов указывает на то, что увеличение скорости обработки сопровождается увеличением производства деталей;

2. Однофакторная линейная регрессия используется для прогнозирования производительности в зависимости от заданной скорости обработки;

3. В соответствии с этим, оптимизация скорости обработки может эффективно повлиять на увеличение производства деталей и соответственно на результативность производственного процесса.

Эти результаты подтверждают важность управления скоростью обработки в производственной среде и позволяют принимать обоснованные решения для повышения производительности.

#### **Список литературы:**

1. Коваленко О. Ю., Панфилов С. А. Основы научных исследований. Планирование и организация эксперимента: учебное пособие / О.Ю. Коваленко, С.А. Панфилов. – Саранск: Изд-во СВМО, 2015. – 68 с. – ISBN 978-5-901661-15-4.
2. Р 50.1.040-2002 Статистические методы. Планирование экспериментов. Термины и определения : рекомендации по стандартизации : издание официальное : утверждена и введена Постановлением Госстандарта России от 2 октября 2002 г. № 362-ст : введена впервые : дата введения 2003-07-01 : разработана Техническим комитетом по стандартизации ТК 125 «Статистические методы в управлении качеством продукции»; Акционерным обществом «Научно-исследовательский центр контроля и диагностики технических систем» (АО «НИЦ КД»). – Москва: Госстандарт России, 2002. 40 с. – Текст: непосредственный.
3. ГОСТ Р ИСО/ТО 10017-2005 Статистические методы. Руководство по применению в соответствии с ГОСТ Р ИСО 9001: национальный стандарт: издание официальное : утверждена и введена Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 31 мая 2005 г. № 111-ст : введена впервые : дата введения 2005-07-01. – Москва : Стандартиформ, 2005. 20 с. – Текст: непосредственный.
4. Черемухин, А. Д. Об исследовании выполнимости условий Гаусса-Маркова при построении линейной регрессии с помощью языка R / А. Д. Черемухин, А. А. Шамин // XXI век: итоги прошлого и проблемы настоящего плюс. 2021. Т. 10, № 1(53). С. 26-30. DOI 10.46548/21vek-2021-1053-0004.

5. Базилевский, М. П. Алгоритм интерпретации линейных и неэлементарных линейных регрессионных моделей в условиях мультиколлинеарности / М. П. Базилевский // Интеллектуальные системы в производстве. 2023. Т. 21, № 3. С. 40-47. DOI 10.22213/2410-9304-2023-3-40-47.
6. Базилевский, М. П. Методы построения регрессионных моделей с ошибками во всех переменных / М. П. Базилевский. Иркутск: Иркутский государственный университет путей сообщения, 2019. 208 с. – ISBN 978-5-98710-368-5.
7. Лутай, В. Н. Повышение устойчивости линейной регрессии / В. Н. Лутай, Н. Ш. Хусаинов // Известия ЮФУ. Технические науки. 2022. № 5(229). С. 152-160. DOI 10.18522/2311-3103-2022-5-152-160.
8. Зиновьев М.С., Нургаянова О.С. Прогнозирование вероятности развития диабетической ретинопатии у пациентов с сахарным диабетом: анализ методов машинного обучения. Системная инженерия и информационные технологии. 2024. Т. 6. № 3 (18). С. 95-101. DOI 10.54708/2658-5014-SIIT-2024-no3-p95
9. Цепкова, А. Н. Исследование влияния нефтяного шлама на физико-механические показатели керамического кирпича методом линейной регрессии / А. Н. Цепкова, Е. С. Абдрахимова // Технологии нефти и газа. 2024. № 4(153). С. 16-20. DOI 10.32935/1815-2600-2024-153-4-16-20.
10. Башкирский Государственный Педагогический Университет им. М. Акмуллы. Однофакторная линейная регрессия // StudFiles. 2025. URL: <https://studfile.net/preview/13342266/page:6/> (дата обращения: 24.11.2025).
11. Н.Н. Вардиашвили, Ю.А. Жуненко Анализ данных и прогнозирование экономики. Руководство к решению задач по дисциплине для студентов экономических, технических, технологических специальностей. Костанай: КГУ им. А. Байтурсынова, 2012. 251 с. URL: [https://ksu.edu.kz/files/TB/book/it/rukovodstvo\\_analiz\\_dannjh\\_2013\\_obsii\\_sentybrq2012.pdf](https://ksu.edu.kz/files/TB/book/it/rukovodstvo_analiz_dannjh_2013_obsii_sentybrq2012.pdf) (дата обращения: 24.11.2025). - ISBN 978-601-7385-33-0
12. Толмачева, И. И. Планирование эксперимента типа 2к и проведение регрессионного анализа / И. И. Толмачева // Наукосфера. 2024. № 1-2. С. 207-214.
13. Коваленко О. Ю. Методические указания к лабораторному практикуму по курсу «Основы научных исследований, организация и планирование эксперимента» / Сост.: О. Ю. Коваленко, С. А. Панфилов, Ю.И. Шатилов. - Саранск: Изд-во Мордовского университета, 2019. 24с.

#### References:

1. Kovalenko O. Yu., Panfilov S. A. Fundamentals of Scientific Research. Planning and Organization of an Experiment: a tutorial / O. Yu. - Saransk: SVMO Publishing House, 2015. - 68 p. - ISBN 978-5-901661-15-4.
2. R 50.1.040-2002 Statistical Methods. Planning of Experiments. Terms and Definitions: recommendations for standardization: official publication: approved and introduced by the Resolution of the State Standard of Russia dated October 2, 2002, No. 362-st: introduced for the first time: date of introduction 2003-07-01: developed by the Technical Committee for

- Standardization TC 125 "Statistical Methods in Product Quality Management"; Joint-Stock Company "Research Center for Monitoring and Diagnostics of Technical Systems" (JSC "R&D Center for Monitoring and Diagnostics"). Moscow: Gosstandart of Russia, 2002. 40 p. – Text: direct.
3. GOST R ISO/TO 10017-2005 Statistical Methods. Guide for Application in Accordance with GOST R ISO 9001: national standard : official edition : approved and introduced by Order of the Federal Agency for Technical Regulation and Metrology dated May 31, 2005, No. 111-st : introduced for the first time : date of introduction 2005-07-01. Moscow: Standartinform, 2005. 20 p. – Text: direct.
  4. Cheremukhin, A. D. On the study of the feasibility of Gauss-Markov conditions when constructing a linear regression using the R language / A. D. Cheremukhin, A. A. Shamin // XXI century: results of the past and problems of the present plus. 2021. Vol. 10, No. 1 (53). Pp. 26-30. DOI 10.46548/21vek-2021-1053-0004.
  5. Bazilevsky, M. P. Algorithm for interpreting linear and non-elementary linear regression models under multicollinearity conditions / M. P. Bazilevsky // Intelligent systems in production. 2023. Vol. 21, No. 3. Pp. 40-47. DOI 10.22213/2410-9304-2023-3-40-47.
  6. Bazilevsky, M. P. Methods for constructing regression models with errors in all variables / M. P. Bazilevsky. Irkutsk: Irkutsk State University of Railway Engineering, 2019. 208 p. – ISBN 978-5-98710-368-5.
  7. Lutai, V. N. Increasing the stability of linear regression / V. N. Lutai, N. Sh. Khusainov // Bulletin of SFedU. Technical sciences. 2022. No. 5 (229). pp. 152-160. DOI 10.18522/2311-3103-2022-5-152-160.
  8. Zinoviev M.S., Nurgayanova O.S. Predicting the Probability of Developing Diabetic Retinopathy in Patients with Diabetes Mellitus: Analysis of Machine Learning Methods. Systems Engineering and Information Technology. 2024. Vol. 6. No. 3 (18). P. 95-101. DOI 10.54708/2658-5014-SIIT-2024-no3-p95
  9. Tsepikova, A. N. Study of the Influence of Oil Sludge on the Physical and Mechanical Properties of Ceramic Bricks Using the Linear Regression Method / A. N. Tsepikova, E. S. Abdrakhimova // Oil and Gas Technologies. 2024. No. 4 (153). P. 16-20. DOI 10.32935/1815-2600-2024-153-4-16-20.
  10. Bashkir State Pedagogical University named after M. Akmulla. One-factor linear regression // StudFiles. 2025. URL: <https://studfile.net/preview/13342266/page:6/> (accessed: 24.11.2025).
  11. N.N. Vardiashvili, Yu.A. Zhunenko. Data Analysis and Economic Forecasting. A Guide to Solving Problems in the Discipline for Students of Economic, Technical, and Technological Specialties. Kostanay: KSU named after A. Baitursynov, 2012. 251 p. URL: [https://ksu.edu.kz/files/TB/book/it/rukovodstvo\\_analiz\\_dannjh\\_2013\\_obsii\\_sentybrq2012.pdf](https://ksu.edu.kz/files/TB/book/it/rukovodstvo_analiz_dannjh_2013_obsii_sentybrq2012.pdf) (accessed: 24.11.2025). - ISBN 978-601-7385-33-0
  12. Tolmacheva, I. I. Planning a Type 2k Experiment and Conducting Regression Analysis / I. I. Tolmacheva // Naukosphere. 2024. No. 1-2. pp. 207-214.
  13. Kovalenko, O. Yu. Methodological Guidelines for the Laboratory Workshop on the Course "Fundamentals of Scientific Research, Organization and Planning of an Experiment" /

Сomp.: O. Yu. Kovalenko, S. A. Panfilov, Yu. I. Shatilov. - Saransk: Publishing house of Mordovian University, 2019. 24 p.