



МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПРОЦЕССОВ С УРАВНЕНИЕМ МНОЖЕСТВЕННОЙ ЛИНЕЙНОЙ РЕГРЕССИИ

Салимов Дилмурат Тажиевич

к.т.н., доц. Ташкентский государственный экономический университет

dsalimov1959@gmail.com

Тожиев Сардор Дилмуродович

ассис. Университет “Прикладные науки”

sardortadziev5@gmail.com

Аннотация

В статье предлагается моделирование производственных процессов с уравнением множественной линейной регрессии, которые можно применить в прогнозировании. На основе уравнения множественной регрессии построено модель с большим числом факторов, которые оказывают влияние на экономическую систему, а также определены влияния каждого фактора в отдельности и совокупного их воздействия на результирующий показатель подробно анализировано. В статье приводится подробное решение самостоятельно сформулированной экономической задачи, выполненное с применением программы MS Excel.

Annotation

This article proposes modeling of production processes using a multiple linear regression equation, which can be applied in forecasting. Based on the multiple regression equation, a model was constructed with a large number of factors that influence the economic system, and the influence of each factor individually and their combined impact on the resulting indicator was analyzed in detail. The article provides a detailed solution to a self-formulated economic problem, completed using MS Excel.

Аннотация

Мақолада, кўп чизиқли регрессия тенгламасини ишлаб чиқариши жараёнларини моделлаштиришида қўллаш таклиф этилган. Бунга асосланиб иқтисодий тизимга таъсир этувчи кўп факторли модел тузилган. MS Excel дастури ва математик моделдан фойдаланган ҳолда иқтисодий масаладаги иқтисодий кўрсаткичлар орасидаги муносабатларнинг оптимал ечимлари келтирилган.

Ключевые слова

экономический показатель, факторы, уравнение, регрессия, коэффициент корреляции, модель, моделирование, идентификация параметров, индекс множественной детерминации, коэффициенты частной корреляции, множественный коэффициент корреляции, значимость уравнения множественной регрессии.

Keywords

economic indicator, factors, equation, regression, correlation coefficient, model, modeling, parameter identification, multiple determination index, partial correlation coefficients, multiple correlation coefficient, significance of multiple regression equation.

Калит сўзлар

иқтисодий кўрсаткич, факторлар, регрессия, корреляция коэффиценти, модел, моделлаштириш, параметрларни идентификациялаш, детерминлашган индекс, хусусий корреляция коэффиценти, тўпلامий корреляция коэффиценти, тўпلامий чизиқли регрессиянинг қийматлилиги.

Введение

Моделирование производственных процессов с использованием множественной линейной регрессии позволяет анализировать взаимосвязь между несколькими факторами и производственным показателем, чтобы предсказывать и оптимизировать производственные результаты. Этот метод помогает выявить, какие переменные наиболее влияют на процесс и как можно оптимально управлять этими переменными.

Исследование производственных процессов предприятий с учетом сложно взаимодействующих случайных факторов представляет интерес для проектирования предприятий, разработки оптимальных технологических процессов и решения ряда вопросов организации производства. Информацию о процессе, необходимую для исследования, можно получить в результате моделирования его на компьютерной технологии.

Математическая модель производственного процесса, построенная с учетом основных факторов, обеспечивает возможность исследования процесса с точки зрения оценки производительности комплекса и его отдельных элементов, качества выпускаемой продукции, эффективности использования оборудования и оптимальности режимов его работы.

В результате моделирования определены следующие показатели, характеризующие производственный процесс: среднее количества товаров, выпускаемых в течение заданного промежутка времени; связь всего набора факторов с результатом; связь каждого из факторов по отдельности с результатом; связь всего набора факторов с результатом; приближенный процентный прирост результата при приращении факторов на 1%.

Анализ литературы

В экономике на любой экономический показатель чаще всего оказывает влияние не один, а несколько факторов. Например, спрос на некоторого продукта определяется не только ценой данного продукта, но и издержки на рекламу, действие конкурирующей стороны, доходом потребителей и многими другими факторами. Одним из эффективных количественных методов прогнозирования, основанных на причинно-следственных связях между несколькими независимыми переменными и зависимой переменной, является множественная регрессия. Наиболее распространен линейный вариант множественной регрессии, в общем случае имеющий вид [1,2,3,4]:

$$y = a + b_1x_1 + b_2x_2 + \dots + b_nx_n$$

где y - результирующий (прогнозируемый) показатель; $x_2, \dots, x_n$ - факторы, влияющие на прогнозируемый показатель; $b_1, \dots, b_n$ - коэффициенты регрессии; a — свободный член уравнения.

Множественная регрессия широко используется в решении проблем спроса, доходности акций, при изучении функции издержек производства, в экономических вычислениях и в ряде других вопросов экономики. В настоящее время множественная регрессия — это один из наиболее распространенных методов в экономических исследованиях. Основной целью множественной регрессии является построение модели с большим числом факторов, а также определение влияния каждого фактора в отдельности и совокупного их воздействия на результирующий показатель. Множественный регрессионный анализ является развитием парного регрессионного анализа в случаях, когда зависимая переменная связана более чем с одной независимой переменной [4].

Установления формы зависимости между переменными и идентификация неизвестных параметров множественной линейной регрессии применена метод наименьших квадратов [1,3,5].

Проверить значимость уравнения регрессии — значит установить, соответствует ли математическая модель, выражающая зависимость между переменными, экспериментальным данным и достаточно ли включенных в уравнение объясняющих переменных для описания зависимой переменной [3].

Индекс множественной детерминации, коэффициенты частной корреляции, множественный коэффициент корреляции, значимость уравнения множественной регрессии оценивается с помощью F-критерия Фишера [3, 4].

Методология исследования

При определении методологии анализа следует обратить внимание на составление системы расчетов с учетом имеющихся ограничений. Развивая прикладные направления научных эконометрических исследований, следует использовать имеющуюся дополнительную информацию. Правильное описание средствами статистики причинно-следственных связей реальных экономических процессов не может быть формальным, оно должно базироваться на общетеоретических положениях, определяющих природу предмета исследования, и глубоком знании конкретной действительности.

Как правило, любой эконометрической анализ должен дополняться и конкретизироваться данными исследований и статистических разработок. На предварительной стадии анализа, должен быть установлен перечень

ограничений, налагаемых на параметры уравнений регрессии эконометрических моделей.

Методология множественного регрессионного анализа включает этапы формулирования модели, выбрать исследуемый экономический процесс, выделить факторов которые сильно влияют на конечный результат и исследовать на закономерность, сбора данных т.е. исходные экспериментальные статистические данные, выбирается соответствующий метод регрессии (линейная, логистическая, полиномиальная и т. д.), оценки параметров уравнений регрессий при помощи методом наименьших квадратов, адекватность модели такие как среднеквадратичная ошибка (MSE), средняя абсолютная ошибка (MAE), коэффициент детерминации (R^2), интерпретации результатов т.е. анализ коэффициентов (выводы о влиянии отдельных и набора переменных на результат), после чего модель можно использовать для прогнозирования или принятия решений для экономического процесса.

Анализ и результаты

В данной работе мы будем рассматривать линейную зависимость переменной y с двумя признаками, то есть говорить о множественной линейной регрессии вида:

$$y = a + b_1x_1 + b_2x_2$$

Параметры уравнения a, b_1, b_2 определяются методом наименьших квадратов.

Для этого подберем параметры a, b_1, b_2 так, чтобы сумма квадратов отклонений была минимальной (в этом состоит сущность метода наименьших квадратов).

$$F(\rho, b) = \sum_{i=1}^n (Y_i - y_i)^2$$

или

$$F(a, b_1, b_2) = \sum_{i=1}^n (Y_i - a - b_1x_{1i} - b_2x_{2i})^2$$

Для отыскания минимума приравняем нулю соответствующие частные производные:

$$\begin{cases} \frac{\partial F}{\partial a} = 2 \sum_{i=1}^n (a + b_1x_{1i} + b_2x_{2i} - y_i) = 0, \\ \frac{\partial F}{\partial b_1} = 2 \sum_{i=1}^n (a + b_1x_{1i} + b_2x_{2i} - y_i) x_{1i} = 0, \\ \frac{\partial F}{\partial b_2} = 2 \sum_{i=1}^n (a + b_1x_{1i} + b_2x_{2i} - y_i) x_{2i} = 0. \end{cases}$$

Выполнив элементарное преобразование, получим систему трех линейных уравнений относительно a, b_1, b_2

$$\begin{cases} na + b_1 \sum x_1 + b_2 \sum x_2 = \sum y, \\ a \sum x_1 + b_1 \sum x_1^2 + b_2 \sum x_1x_2 = \sum yx_1, \\ a \sum x_2 + b_1 \sum x_1x_2 + b_2 \sum x_2^2 = \sum yx_2. \end{cases} \quad (1)$$

Решая систему уравнений, получим расчетные формулы параметров уравнения регрессии:

$$\begin{aligned} b_1 &= \frac{\sigma_y}{\sigma_{x_1}} \cdot \frac{r_{yx_1} - r_{yx_2} r_{x_1x_2}}{1 - r_{x_1x_2}^2} \\ b_2 &= \frac{\sigma_y}{\sigma_{x_2}} \cdot \frac{r_{yx_2} - r_{yx_1} r_{x_1x_2}}{1 - r_{x_1x_2}^2} \\ a &= \bar{y} - b_1 \bar{x}_1 - b_2 \bar{x}_2 \end{aligned} \quad (2)$$

где r_{yx_1} , r_{yx_2} , $r_{x_1x_2}$ - соответственно коэффициенты корреляции признаков Y по X_1 , Y по X_2 , X_1 по X_2 ; σ_y , σ_{x_1} , σ_{x_2} - средние квадратические отклонения соответствующих признаков.

Система линейных уравнений решается методом определителей, обратной матрицы или Гаусса.

Теснота корреляционной зависимости между Y и X_1 (при постоянном X_2), а также между Y и X_2 (при постоянном X_1) оценивается частными коэффициентами корреляции:

$$\begin{aligned} r_{y x_1 / x_2} &= \frac{r_{y x_1} - r_{y x_2} r_{x_1 x_2}}{\sqrt{(1 - r_{y x_2}^2)(1 - r_{x_1 x_2}^2)}} \\ r_{y x_2 / x_1} &= \frac{r_{y x_2} - r_{y x_1} r_{x_1 x_2}}{\sqrt{(1 - r_{y x_1}^2)(1 - r_{x_1 x_2}^2)}} \end{aligned} \quad (3)$$

Коэффициенты корреляции $r_{y x_1 / x_2}$ и $r_{y x_2 / x_1}$ имеют такие же свойства и смысл, что и выборочный коэффициент корреляции между двумя признаками – все они дают оценку тесноты линейной связи между признаками. Значения их должны удовлетворять неравенствам: $0 \leq r_{y x_1 / x_2} \leq 1$, $0 \leq r_{y x_2 / x_1} \leq 1$.

Чтобы оценить влияние фактора на x_1 на результативный признак y , и влияние фактора x_2 на поведение признака y , определяют коэффициенты эластичности.

Они показывают, насколько процентов в среднем изменится результат с изменением на 1 % каждого фактора при фиксированном влиянии другого

$$E_{yx_i} = b_i \cdot \frac{\bar{x}_i}{\bar{y}}$$

Для двухфакторной зависимости

$$E_{y x_1} = b_1 \cdot \frac{\bar{x}_1}{\bar{y}}, \quad E_{y x_2} = b_2 \cdot \frac{\bar{x}_2}{\bar{y}} \quad (4)$$

Теперь мы вычисляем множественный коэффициент корреляции. Этот показатель характеризует связь между результативным признаком y с набором факторных признаков x_1 и x_2 . Иными словами оцениваются связи совместного влияния факторов на результат.

Множественный коэффициент корреляции ($0 \leq R \leq 1$), для двухфакторной зависимости имеет вид

$$R = \sqrt{\frac{r_{y x_1}^2 + r_{y x_2}^2 - 2r_{y x_1} r_{y x_2} r_{x_1 x_2}}{1 - r_{x_1 x_2}^2}} \quad (5)$$

Чем ближе значение R к единицу тем теснее связь результативного признака y , со всем набором исследуемых факторов.

Связь между y и набором факторных признаков должны быть больше или равна максимальному значению частного коэффициента корреляции

$$R \geq r_{y x_i} (\max)$$

Если это условие не выполняется, то уравнение регрессии имеет лишние факторы, которые не способствуют увеличению доли объясненной вариации результативного признака y .

По данным зависимости выработки продукции y от цена товара x_1 (в \$), издержки на рекламу x_2 (в \$), приведенным в таблице, построить уравнение множественной линейной регрессии и провести его полное исследование.

Пример. Предприятие, который выпускает товары, определил, что на количество продаж товаров y основное влияние оказывают факторы: цена товара x_1 (в \$), затраты на рекламу x_2 (в \$).

Таблица 1.

Данные зависимости товаров от цены товаров и издержки на рекламу

Число наблюдений в месяцах	Цена товара x_1	Издержки на рекламу x_2	Количество продаж y
1	203	28,6	83
2	199	31,5	82
3	195	28,9	85
4	192	29,8	87
5	190	29,9	92
6	183	30,9	98
7	178	32,7	102
8	172	28,6	106
9	168	30,5	110
10	164	31,6	115
11	169	33,6	116
12	170	36,9	118

Требуется определить:

- уравнение двухфакторной линейной регрессии $y = a + b_1 x_1 + b_2 x_2$;
- оценка значимости уравнения множественной регрессии;
- коэффициент множественной корреляции;
- частные коэффициенты корреляции;
- вычислить коэффициенты эластичности.

Решение. а) Коэффициенты уравнения регрессии $y = a + b_1 x_1 + b_2 x_2$ найдем методом наименьших квадратов – как решение системы относительно неизвестных a, b_1, b_2 :

$$\begin{cases} na + b_1 \sum x_1 + b_2 \sum x_2 = \sum y, \\ a \sum x_1 + b_1 \sum x_1^2 + b_2 \sum x_1 x_2 = \sum yx_1, \\ a \sum x_2 + b_1 \sum x_1 x_2 + b_2 \sum x_2^2 = \sum yx_2. \end{cases}$$

Заполним расчетную таблицу, в нижней строке «подобьем» суммы:

Таблица 2.

Расчет неизвестных параметров a, b_1, b_2

№	x_{1i}	x_{2i}	y_i	x_1^2	x_2^2	$x_1 x_2$	$y x_1$	$y x_2$
1	203	28,6	83	41209	817,96	5805,8	16849	2373,8
2	199	31,5	82	39601	992,25	6268,5	16318	2583
3	195	28,9	85	38025	835,21	5635,5	16575	2456,5
4	192	29,8	87	36864	888,04	5721,6	16704	2592,6
5	190	29,9	92	36100	894,01	5681	17480	2750,8
6	183	30,9	98	33489	954,81	5654,7	17934	3028,2
7	178	32,7	102	31684	1069,29	5820,6	18156	3335,4
8	172	28,6	106	29584	817,96	4919,2	18232	3031,6
9	168	30,5	110	28224	930,25	5124	18480	3355
10	164	31,6	115	26896	998,56	5182,4	18860	3634
11	169	33,6	116	28561	1128,96	5678,4	19604	3897,6
12	170	36,9	118	28900	1361,61	6273	20060	4354,2
	2183	373,5	1194	399137	11688,91	67764,7	215252	37392,7
Средние величины выборки	181,92	31,13	99,5	33261,42	974,08	5647,06	17937,67	3116,06

$$\begin{cases} 12a + 2183b_1 + 373,5b_2 = 1194, \\ 2183a + 399137b_1 + 67764,7b_2 = 215252, \\ 373,5a + 67764,7b_1 + 11688,91b_2 = 37392,7. \end{cases} \quad (6)$$

Решая эту систему уравнений методом Гаусса найдем, искомое уравнение регрессии в виде

$$y = 222,87 - 0,871x_1 + 1,125x_2 \quad (7)$$

Полученное уравнение регрессии показывает взаимосвязь между торговлей товаров, цены товара и затратами на рекламу. Из уравнения видно, что увеличение цены товаров на 1 единицу влечет за собой уменьшение продажи товара на 0,871. С ростом затраты на рекламу на 1 единицу продажа товаров увеличивается на 1,125.

Сначала определяем средние квадратические отклонения признаков:

$$\sigma_y = \sqrt{y^2 - (\bar{y})^2} = \sqrt{10068,33 - 99,5^2} = 12,97$$

$$\sigma_{x_1} = \sqrt{x_1^2 - (\bar{x}_1)^2} = \sqrt{33261,42 - 181,92^2} = 12,95$$

$$\sigma_{x_2} = \sqrt{x_2^2 - (\bar{x}_2)^2} = \sqrt{974,08 - 31,13^2} = 2,3$$

Рассчитаем выборочные парные коэффициенты корреляции:

$$r_{y x_1} = \frac{\overline{x_1 y} - \overline{x_1} \cdot \overline{y}}{\sigma_{x_1} \cdot \sigma_y} = \frac{17937,67 - 181,92 \cdot 99,5}{12,95 \cdot 12,96} = -0,971$$

$$r_{y x_2} = \frac{\overline{x_2 y} - \overline{x_2} \cdot \overline{y}}{\sigma_{x_2} \cdot \sigma_y} = \frac{3116,06 - 31,125 \cdot 99,5}{2,3 \cdot 12,97} = 0,64$$

$$r_{x_1 x_2} = \frac{\overline{x_1 x_2} - \overline{x_1} \cdot \overline{x_2}}{\sigma_{x_1} \cdot \sigma_{x_2}} = \frac{5647,06 - 181,92 \cdot 31,125}{12,95 \cdot 2,3} = -0,506$$

Если решать систему уравнений (6) методом Крамера, методом обратной матрицы или методом Гаусса достаточно трудоемко, тогда можно воспользоваться формулами (2), т.е. получим расчетные формулы параметров уравнения регрессии:

$$b_1 = \frac{\sigma_y}{\sigma_{x_1}} \cdot \frac{r_{yx_1} - r_{yx_2} r_{x_1 x_2}}{1 - r_{x_1 x_2}^2} = \frac{12,965}{12,952} \cdot \frac{-0,971 - 0,64 \cdot (-0,51)}{1 - (-0,51)^2} = -0,871$$

$$b_2 = \frac{\sigma_y}{\sigma_{x_2}} \cdot \frac{r_{yx_2} - r_{yx_1} r_{x_1 x_2}}{1 - r_{x_1 x_2}^2} = \frac{12,965}{2,3} \cdot \frac{0,64 - (-0,97) \cdot (-0,51)}{1 - (-0,51)^2} = 0,1252$$

$$a = \overline{y} - b_1 \overline{x_1} - b_2 \overline{x_2} = 99,5 - (-0,87) \cdot 181,92 - 1,125 \cdot 31,125 = 222,872$$

Это означает, что решение системы уравнений (6) методом Крамера, методом обратной матрицы или методом Гаусса и по формулам (2) дает один и тот же результат, т.е.

$$y = 222,872 - 0,871x_1 + 1,1252x_2$$

б) Оценка значимости уравнения множественной регрессии. Теперь рассмотрим, как оценивается надежность полученного уравнение множественной регрессии.

Для этого используется коэффициент детерминации R^2

$$R^2 = 1 - \frac{\sum (y - y_x)^2}{\sum (y - \overline{y})^2} \quad (8)$$

где m – число факторов при переменных x ; n – число наблюдений.

Значимость уравнения множественной регрессии в целом, оценивается с помощью F -критерия Фишера:

$$F = \frac{R^2}{1 - R^2} \cdot \frac{n - m - 1}{m} \quad (9)$$

Критерий Фишера исходит из того, что F рассчитывается по формуле (9) и сравнивается с $F_{\text{табличное}}$,

Табличное значение $F_{\text{табличное}}$, в свою очередь, определяется с помощью функции Excel, F.ОБР (α ; m ; $n - m - 1$), где

α – доверительная вероятность ($\alpha = 0,95$);

m – количество факторов ($m = 2$);

n – число наблюдений ($n = 12$).

Адекватность полученной функции проверяем при помощи критерия Фишера

$$F_{\text{расчетное}} > F_{\text{табличное}}$$

Итак, коэффициент детерминации R^2 (8)

$$R^2 = 1 - \frac{\sum (y - y_{\text{рас}})^2}{\sum (y - \bar{y})^2} = 1 - \frac{55,3}{2017} = 0,973$$

Это означает, что в 95% случаев изменения x приводят к изменению y . Другими словами - точность подбора уравнения регрессии - высокая.

Критерий Фишера, в нашем случае формула (9) вычисляется по таблице 2

$$F = \frac{R^2}{1 - R^2} \cdot \frac{n - m - 1}{m} = \frac{0,973}{1 - 0,973} \cdot \frac{12 - 2 - 1}{2} = 159,63$$

в свою очередь с помощью функции Excel определяем

$$F_{\text{табличное}} = F_{\text{ОБР}}(\alpha, m, n - m - 1) = F_{\text{ОБР}}(0,95, 2, 9) = 4,257$$

Отсюда следует, что

$$F_{\text{расчетное}} > F_{\text{табличное}}$$

Оттуда видно, что $F_{\text{расчетное}}$ существенно превосходит от $F_{\text{табличное}}$, т.е. наше условие выполнилось.

Следовательно, построенное уравнение множественной регрессии с вероятностью 0,95 соответствует с исходными данными.

Это означает, что данную модель $y = 222,872 - 0,871x_1 + 1,1252x_2$, можно использовать для дальнейшего анализа данного производственного процесса.

Таблица 3.

**Расчет проверки множественной линейной регрессии
с экспериментальными данными**

№	x_{1i}	x_{2i}	y_i	$y_{\text{рас}}$	$(y - y_{\text{рас}})^2$	$(y - \bar{y})^2$
1	203	28,6	83	78,3	22,07	272,25
2	199	31,5	82	85,05	9,29	306,25
3	195	28,9	85	85,06	0,37	210,25
4	192	29,8	87	89,23	4,97	156,25
5	190	29,9	92	91,08	0,84	56,25
6	183	30,9	98	98,30	0,9	2,25
7	178	32,7	102	104,68	7,20	6,25
8	172	28,6	106	105,29	0,50	42,25
9	168	30,5	110	110,91	0,84	110,25
10	164	31,6	115	115,63	0,40	240,25
11	169	33,6	116	113,53	6,09	272,25
12	170	36,9	118	116,37	2,64	342,25
	2183	373,5	1194		55,30	2017
Средние величины выборки	181,92	31,13	99,5			

в) Коэффициент множественной корреляции определяется по формуле (5):

$$R = \sqrt{\frac{r_{y x_1}^2 + r_{y x_2}^2 - 2r_{y x_1} r_{y x_2} r_{x_1 x_2}}{1 - r_{x_1 x_2}^2}} = \sqrt{\frac{(-0,971)^2 + 0,64^2 - 2 \cdot (-0,971) \cdot 0,64 \cdot (-0,51)}{1 - (-0,51)^2}} = 0,986$$

Коэффициент множественной корреляции показывает на весьма сильную связь всего набора факторов с результатом.

г) Частные коэффициенты корреляции (3). При двух факторах частные коэффициенты корреляции рассчитываются следующим образом:

$$r_{y x_1 / x_2} = \frac{r_{y x_1} - r_{y x_2} r_{x_1 x_2}}{\sqrt{(1 - r_{y x_2}^2)(1 - r_{x_1 x_2}^2)}} = \frac{-0,97 - 0,64 \cdot (-0,51)}{\sqrt{(1 - 0,64^2)(1 - (-0,51)^2)}} = -0,98$$

Связь признака Y с признаком X_1 оказалась обратная. Это означает, что увеличение X_1 уменьшает продажу холодильников.

$$r_{y x_2 / x_1} = \frac{r_{y x_2} - r_{y x_1} r_{x_1 x_2}}{\sqrt{(1 - r_{y x_1}^2)(1 - r_{x_1 x_2}^2)}} = \frac{0,64 - (-0,971) \cdot (-0,51)}{\sqrt{(1 - (-0,971)^2)(1 - (-0,51)^2)}} = 0,72$$

Связь признака Y с признаками X_2 прямой и высокой. Из этого следует, что с повышением X_2 увеличивается торговля товаров.

д) Теперь вычислим коэффициенты эластичности двухфакторной линейной регрессии (4).

$$E_{y x_1} = b_1 \cdot \frac{\bar{x}_1}{\bar{y}} = -0,87 \cdot \frac{181,92}{99,5} = -1,592 \quad \text{таким образом, при увеличении цены}$$

товаров на 1% чистая прибыль уменьшается в среднем на 1,592%.

$$E_{y x_2} = b_2 \cdot \frac{\bar{x}_2}{\bar{y}} = 1,125 \cdot \frac{31,125}{99,5} = 0,352 \quad \text{таким образом, при увеличении затраты на}$$

рекламу товаров на 1% чистая прибыль увеличивается в *среднем* на 0,352%.

Заключение и рекомендации

В данной работе представлено, моделирование производственной деятельности, множественной линейной регрессионной модели по двум переменным.

$$y = 222,872 - 0,871x_1 + 1,125x_2$$

Оба фактора влияет на результат. При увеличении фактора x_1 результат уменьшается, т.е. с увеличением цены товара уменьшается продажа товаров. А при увеличении фактора x_2 результат увеличивается, т.е. с увеличением расход рекламу на товаров увеличивается продажа товаров. Это означает, что множественная линейная модель регрессии описывает основные закономерности изменения факторов, которые могут служить для ориентирами в процессах планирования и прогнозирования производственного процесса.

Подводя итог проведенному исследованию, можно сделать вывод о том, что на любую экономическую систему оказывает влияние самое разнообразное множество факторов, а поэтому исходные данные, представленные значениями экономических показателей, могут быть связаны друг с другом линейной или нелинейной зависимостью. Поэтому проблема изучения взаимосвязей экономических показателей на основе математической модели является одной из важнейших проблем оптимального управления экономическими системами.

Список использованной литературы

1. Адиров Т.Х. “Теория вероятностей и математическая статистика” (учебник). Ташкент: ООО «Zamin nashr» 2023. 286 стр.
2. Калинина В.Н. Математическая статистика. Учебное пособие. –М.: Дрофа, 2002. -336 с.
3. Кремер Н.Ш, Теория вероятностей и математическая статистика. Учебник. - М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2012. - 551 с.
4. Учебное пособие по дисциплине «Эконометрика» / А.А. Чалганова. – [Текст : электронный]. – Санкт-Петербург : РГГМУ, 2022. – 90 с.
5. Эконометрика. Множественная регрессия: метод. указания к лабораторным работам / сост. А.П. Котенко, О.А. Кузнецова. – Самара: Издательство Самарского университета, 2016. – 20 с.