

УДК 330.43

Е. С. Магомедова

ФГБОУ ВО «Дагестанский Государственный университет», Махачкала,
e-mail: Magomedova.e.s@mail.ru

МОДЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ВНЕДРЕНИЯ ИННОВАЦИЙ НА ПРЕДПРИЯТИЯХ ДАГЕСТАНА

Ключевые слова: многомерная модель, регрессионный анализ, коэффициенты корреляции, множественная регрессия, оценка параметров.

Статья посвящена исследованию инновационной деятельности предприятия и построению модели оценки эффективности внедрения инноваций в производство. Объектом исследования является предприятие Республики Дагестан по производству и продаже безалкогольной продукции. Основной задачей является определение степени влияния на экономическую эффективность тех факторов, воздействие которых наиболее существенно. Достижение поставленной цели осуществляется на основе использования многомерного статистического анализа, т.е. методов многомерного корреляционного анализа, позволяющего выявить взаимосвязи между факторами, и многомерного регрессионного анализа, в результате которого получена многомерная модель. На основе использования модельно-компьютерного инструментария выделена совокупность тех факторов, изменение которых оказывает существенное влияние на величину экономической эффективности, что позволило исключить из модели несущественные факторы, влияние которых может отрицательно воздействовать на качество модели.

E. S. Magomedova

Dagestan State University, Makhachkala, e-mail: Magomedova.e.s@mail.ru

MODEL ASSESSMENT OF THE EFFECTIVENESS OF INNOVATION IN ENTERPRISES OF DAGESTAN

Keywords: Multivariate model, regression analysis, correlation coefficients, multiple regression, parameter estimation.

The article is devoted to the study of innovative activities of the enterprise and the construction of a model for assessing the effectiveness of introducing innovations into production. The object of research is the enterprise of the Republic of Dagestan for the production and sale of non-alcoholic products. The main task is to determine the degree of influence on the economic efficiency of those factors whose impact is most significant. Achieving this goal is carried out through the use of multivariate statistical analysis, i.e. methods of multivariate correlation analysis, allowing to identify the relationship between factors, and multivariate regression analysis, which resulted in a multivariate model. Based on the use of model-computer tools, a totality of those factors is identified whose change has a significant impact on the value of economic efficiency, which allowed us to exclude non-essential factors from the model, the influence of which can negatively affect the quality of the model.

Статья посвящена исследованию инновационной деятельности предприятий и построению модели оценки эффективности внедрения инноваций в производство. Основной задачей является определение степени влияния на экономическую эффективность тех факторов, воздействие которых наиболее существенно. Достижению поставленной цели поможет использование многомерного статистического анализа, т.е. применение методов многомерного корреляционного анализа, позволяющего выявить взаимосвязи между факто-

рами, и многомерного регрессионного анализа, в результате которого получаем многомерную модель исследуемого процесса.

ОАО «Денеб» – один из крупнейших заводов по выпуску безалкогольной продукции на Северном Кавказе. С начала своего основания и по сегодняшний день он занимает лидирующие позиции на рынке.

Основными видами выпускаемой продукции предприятия являются безалкогольные напитки. Основными потребителями является Республика Дагестан

и другие регионы России. Продукция выпускается в ПЭТ-бутылках объемом 1,25 л., 0,5 л., 5,0 л., стекло – бутылках объемом 0,33 л, 0,5 л.

Инновации на предприятии в основном носят продуктовый характер.

Они представлены следующими инновационными продуктами:

1. Функциональные напитки («Шиповник», «Курага», «Фейхоа», «Кизил», «Гранат»).

2. Напитки «Диет».

3. Запуск новой линии и ввод ее в действие.

Исследованию подлежит результат внедрения выше перечисленных инноваций в производстве. То есть, необходимо определить экономическую эффективность этого внедрения.

Для этой цели проанализированы данные отчетов ОАО «Денеб» за пять лет выбранного периода. Из множества показателей, оказывающих влияние на экономическую эффективность, выделены наиболее важные, которые будут составлять перечень факторов, включаемых в модель. Для учета влияния всех факторов предпочтительней построить многофакторную модель линейного типа, что обеспечит возможность

проследить долю воздействия каждого из факторов.

Проанализировав деятельность предприятия, можно сделать вывод о том, что для построения модели целесообразно в качестве факторов использовать следующие показатели:

– прибыль;

– инвестиции в инновации (средства, направляемые на внедрение инноваций);

– затраты на ресурсы;

– трудовые ресурсы предприятия;

– отчисления за негативное воздействие на окружающую среду.

Далее строим многофакторную модель, содержащую пять факторов:

X_1 – прибыль;

X_2 – инвестиции в инновации (средства, направляемые на внедрение инноваций);

X_3 – затраты на ресурсы;

X_4 – трудовые ресурсы предприятия;

X_5 – отчисления за негативное воздействие на окружающую среду.

Количественным показателем экономической эффективности является прибыль, следовательно, целесообразно обозначить как Y , т.е. как результирующий показатель.

Данные по этим показателям представлены в таблице 1.

Таблица 1

№	прибыль Y	инвестиции X_1	затраты на ресурсы X_2	трудовые ресурсы X_3	экология X_4
1	2256868	136336689	154704,109	209	5830,1
2	68829731	14552861	12470050,3	228	6201,02
3	153091916	23720657	254300127	238	6523
4	6 746 504	16104747	1935355718	249	5864,9
5	5034479	56420871	186594,8	284	6530,5
6	51829847	34933372	1375985,05	246	7105,02
7	148820094	23313612	2715397,6	301	7230,7
8	178480794	136336689	137464498	315	7215,655
9	27613650	179580977	12342332	329	7115,52
10	101434311	272195222	13765449	346	6954,902
11	235069489	226351537	15432876,08	352	7428,15
12	266605942	292641878	2165487,876	318	9025,203
13	23428156	243239685	21237568	287	7163,025
14	135810998	269860348	254300799,7	325	7740,52
15	277 655 189	164052832	129877,365	351	8142,101
16	284 088 708	202431142	166748,34	279	9699,08
17	21 262 492	263580937	17342797	237	8312,72
18	141 294 948	735518994	193256643	248	8543,907
19	331 017 474	165741701	1986222,8	257	8909,05
20	323 768 453	246389164	1232776,45	261	7200

Проведем корреляционный анализ. Основная задача корреляционного анализа состоит в оценке корреляционной матрицы генеральной совокупности по выборке и определении на ее основе оценок частных и множественных коэффициентов корреляции и детерминации.

Парный (частный) коэффициент корреляции характеризует тесноту линейной зависимости между двумя переменными соответственно на фоне действия (при исключении влияния) всех остальных показателей, входящих в модель. Они изменяются в пределах от -1 до +1, причем чем, ближе коэффициент корреляции к +1, тем сильнее зависимость между переменными. Если коэффициент корреляции больше 0, то связь положительная, а если меньше нуля – отрицательная.

Множественный коэффициент корреляции характеризует тесноту линейной связи между одной переменной (результативной) и остальными, входящими в модель; изменяется в пределах от 0 до 1. Квадрат множественного коэффициента корреляции определяет множественный коэффициент детерминации, характеризующий долю дисперсии одной переменной (результативной), обусловленной влиянием всех остальных (аргументов), входящих в модель.

По выборке определим оценки параметров генеральной совокупности, а именно: вектор средних (\bar{x}), вектор средне-квадратических отклонений s и корреляционная матрица (R) порядка k :

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum x_{ij}; S_j = \sqrt{\frac{1}{n} \sum (x_{ij} - \bar{x}_j)^2};$$

$$r_{jl} = \frac{\frac{1}{n} \sum (x_{ij} - \bar{x}_j)(x_{il} - \bar{x}_l)}{s_j s_l}.$$

Получим, соответственно

$$\bar{x}_1 = 185165195,8; \bar{x}_2 = 491316279,8;$$

$$\bar{x}_3 = 283; \bar{x}_4 = 7436,754;$$

$$Y_{cp} = 143707002,2$$

$$S_1 = 162086741,8; S_2 = 816721540,4;$$

$$S_3 = 44,362146; S_4 = 1058,673;$$

$$S_y = 110075370,1.$$

Среди полученных коэффициентов парной корреляции есть как положительные, так и отрицательные, что свидетельствует о наличии как прямой, так и обратной зависимости между факторами. Например, $r_{12} = -0,32919$ (характеризует взаимозависимость между прибылью и инвестициями в инновации). Также можно говорить о степени взаимной корреляции. Так, например, $r_{32} = 0,098254$ (характеризует взаимозависимость между трудовыми ресурсами и инвестициями в инновации) свидетельствует о слабой зависимости, в свою очередь, $r_{04} = 0,609873$ (характеризует взаимозависимости эффективности и экологического фактора) свидетельствует о достаточно сильной зависимости. Для нахождения матрицы частных коэффициентов корреляции необходимо найти алгебраические дополнения.

Далее, используя алгебраические дополнения по формуле

$$r_{12l_3,4,\dots,k} = -\frac{R_{12}}{\sqrt{R_{11}R_{22}}}$$

найдем частные коэффициенты корреляции (табл. 4).

Таблица 2

Матрица парных коэффициентов корреляции

	Y	X1	X2	X3	X4
Y	1	0,169845	0,190509	0,295829	0,609873
X1	0,169845	1	-0,32919	0,127119	0,525205
X2	0,190509	-0,32919	1	0,098254	-0,29069
X3	0,295829	0,127119	0,098254	1	0,2581
X4	0,609873	0,525205	-0,29069	0,2581	1

Таблица 3

Матрица алгебраических дополнений

Y	X ₁	X ₂	X ₃	X ₄
0,568428	0,06716	-0,2068	-0,04529	-0,43038
0,06716	0,391665	0,05156	-0,01599	-0,22755
-0,2068	0,5156	0,389815	-0,04123	0,22302
-0,04529	-0,01599	-0,04123	0,297663	-0,05279
-0,43038	-0,27547	0,22302	-0,05279	0,724995

Таблица 4

Матрица частных коэффициентов корреляции

Y	X ₁	X ₂	X ₃	X ₄
-1	-0,14234	0,439323	0,110104	0,67042
-0,14234	1	-0,13196	0,04683	0,427018
0,439323	-0,13196	1	0,121032	-0,41951
0,110104	0,04683	0,121032	1	0,113638
0,67042	0,427018	-0,41951	0,113638	1

Для проверки значимости частных коэффициентов корреляции найдем $r_{\alpha} (\alpha = 0,05, \nu = n - l - 2) = 0,378$. Так как $|r| < r_{\alpha}$, то гипотезы $H_0: \rho = 0$ не отвергаются, т.е. предположение о равенстве нулю не противоречит наблюдениям. Но по данному критерию нельзя делать однозначные выводы. Для точности найдем интервальные оценки.

Определим интервальные оценки для коэффициентов корреляции при $\gamma = 0,95$. Для этого используем Z-преобразование Фишера и предварительно найдем интервальную оценку для Z из условия:

$$Z \in \left[Z' \pm t \sqrt{\frac{1}{n-l-3}} \right].$$

По таблице Z-преобразования Фишера получим таблицу значений Z' для каждого частного коэффициента корреляции:

Таблица 5

	-0,143	0,4698	0,1104	0,81
-0,143		-0,132	0,046	0,457
0,4698	-0,132		0,1206	-0,4453
0,1104	0,046	0,1206		0,1125
0,81	0,457	-0,4453	0,1125	

И, далее, подставляя в формулу, получим интервальные оценки для Z. По таблице Z-преобразования найдем соответствующие интервальные оценки для частных коэффициентов корреляции:

$$\begin{aligned} r_{12} &\in [-0,582; 0,364]; r_{13} \in [-0,054; 0,758]; \\ r_{14} &\in [-0,392; 0,562]; r_{15} \in [0,278; 0,87]; \\ r_{23} &\in [-0,576; 0,374]; r_{24} \in [-0,444; 0,514]; \\ r_{25} &\in [-0,066; 0,754]; r_{34} \in [-0,382; 0,568]; \\ r_{35} &\in [-0,748; 0,078]; r_{45} \in [-0,390; 0,562]. \end{aligned}$$

По проведенному анализу можно говорить о том, что все коэффициенты, кроме $r_{15} \in [0,278; 0,87]$ незначимы, так как нуль находится внутри интервала.

Вычислим множественные коэффициенты корреляции

$$r_{\frac{1}{2},3,\dots,k} = \sqrt{1 - \frac{|R|}{R_{11}}};$$

$$r_{\frac{1}{2},3,\dots,k} = 0,731152; r_2 = 0,56968;$$

$$r_3 = 0,566859; r_4 = 0,333501; r_5 = 0,796927.$$

По значениям этих коэффициентов можно сделать следующие выводы:

– $r_{\frac{1}{2},3,\dots,k} = 0,731152$ свидетельствует о том, что изменение прибыли на 74% обусловлено влиянием остальных четырех факторов: инвестиций в иннова-

ции, затрат на ресурсы, трудовых ресурсов, экологического фактора. Выводы по остальным коэффициентам делаются аналогичным образом.

Проверим значимость по F-критерию. Найдем для каждого коэффициента $F_{набл}$:

$$F_{набл} = \frac{\frac{1}{2}r_1^2}{\frac{1}{n-1-1}(1-r_1^2)}$$

$F_{кр}(\alpha = 0,05; v_1 = 4; v_2 = 15) = 2,36$, значит все коэффициенты кроме r_4 , значимы, т.к. $F_{набл} > F_{кр}$, что свидетельствует о наличии линейной статистической зависимости между анализируемыми и остальными факторами за исключением фактора трудовых ресурсов.

Множественные коэффициенты детерминации соответственно равны:

$$r_1^2 = 0,534583, r_2^2 = 0,324535,$$

$$r_3^2 = 0,321329, r_4^2 = 0,111223,$$

$$r_5^2 = 0,635093.$$

Проведем регрессионный анализ.

Определим оценки параметров уравнения регрессии вида

$$\tilde{y} = \beta_0 + \beta_1 X_1 + \dots + \beta_4 X_4$$

Для нахождения вектора оценок воспользуемся формулой

$$b = (X^T X)^{-1} X^T Y$$

Пошагово перемножая матрицы, получим следующий вектор b : $b = \text{col}(b_0 = -504168863; b_1 = -0,1410004; b_2 = 0,03124761; b_3 = 393523,838; b_4 = 75008,9103)$.

Следовательно, уравнение регрессии будет иметь следующий вид:

$$\begin{aligned} \tilde{y} = & -504168863 - 0,1410004X_1 + \\ & + 0,03124761X_2 + 393523,838X_3 + \\ & + 75008,9103X_4. \end{aligned}$$

Проверим значимость уравнения и коэффициентов регрессии.

1) Для проверки значимости уравнения регрессии используется статистика:

$$F_{набл} = \frac{\frac{1}{k+1}Q_R}{\frac{1}{n-k-1}Q_{ост}}$$

которая при выполнении гипотезы имеет F-распределение с $(k+1)$ и $(n-k-1)$ степенями свободы, где $Q_{ост} = \sum (y_i - \tilde{y}_i)^2$; $Q_R = \sum \tilde{y}_i^2$;

В результате получим $F_{набл} = 3,874$. $F_{кр}(0,05; 6; 14) = 2,24$. Так как $F_{набл} > F_{кр}$, то гипотеза о равенстве всех коэффициентов нулю отвергается, т.е. хотя бы один коэффициент не равен нулю. Следовательно, уравнение значимо.

Перед проверкой значимости отдельных коэффициентов найдем несмещенную оценку остаточной дисперсии, которая равна:

$$\hat{s}^2 = \frac{1}{n-k-1}Q_{ост}$$

Найдем оценку ковариационной матрицы вектора b (табл. 6).

Из статистического смысла ковариационной матрицы следует, что оценки дисперсий коэффициентов равны элементам главной диагонали матрицы.

Значимость коэффициентов регрессии можно проверить с помощью t-критерия:

$$t_j = \frac{b_j}{(\hat{S}[X^T X]^{-1})_{jj}^{1/2}}$$

$T_{кр} = 0,263$, следовательно, значимыми можно считать коэффициенты b_1 и b_2 , так как только t_1 и t_2 превышают критическое значение данного критерия.

Таблица 6

1,76005E+18	404263888	-168419472	-2,2084E+15	-1,56836E+14
404263888,1	0,9815212	-0,0039587	28632,27624	-79806,73374
-168419472	-0,003959	0,11711931	113240,9431	16019,91355
-2,2084E+15	28632,276	113240,943	1,02741E+13	-97064326564
-1,5684E+14	-79806,73	16019,9135	-97064326564	26439570209

Проведем алгоритм пошагового регрессионного анализа и исключим из рассмотрения переменные X_3 , X_4 , X_5 . Соответственно исключению подлежат коэффициенты b_0 , b_3 , b_4 , b_5 . Следовательно, уравнение регрессии будет иметь вид $\hat{y} = \beta_1 X_1 + \beta_2 X_2$. Исходными данными теперь являются показатели инвестиций в инновации и затрат на ресурсы.

Проделав аналогичные процедуры, как и в первый раз, на основании данных матриц по формуле МНК: $b = (X^T X)^{-1} X^T Y$ найдем вектор оценок коэффициентов b : $b = \text{col}(0,486119301; 0,041214565)$.

Вычислим $t_{\text{набл}}$: $t_1 = 27,86372869$; $t = 7,929776743$.

Относительно критического значения они велики, следовательно, оба коэффициента значимы. Регрессионное уравнение имеет вид:

$$Y = 0,486X_1 + 0,041X_2.$$

То есть, основное влияние на эффективность оказывают инвестиции в инновации и затраты на ресурсы.

Коэффициенты же регрессионного уравнения показывают:

1. при изменении на единицу измерения инвестиций в инновации экономический эффект, в свою очередь, изменится на 0,486 единиц измерения.

2. Изменение на единицу измерения затрат на ресурсы повлечет изменение экономической эффективности на 0,0412 единиц.

На примере ОАО «Денеб» сделана попытка показать, как применение математических методов позволило для решения поставленной задачи построения модели оценки эффективности внедрения инноваций выделить совокупность тех факторов, изменение которых оказывает существенное влияние на величину экономической эффективности. На первом этапе отбираются факторы в общем определяющие экономическую эффективность. Между этими факторами существует определенная взаимосвязь, которая определяется с помощью корреляционного анализа. И его применение позволяет определить степень этой взаимосвязи.

Регрессионный анализ, на основе результатов корреляционного анализа, дает возможность построения модели, которая включает выделенные факторы, и позволяет, соответственно, исключить из модели те факторы, влияние которых несущественно и рассмотрение которых может отрицательно повлиять на качество модели.

В итоге получена модель, с меньшим числом факторов с наибольшим удельным весом во влиянии на результирующий показатель (экономическую эффективность).

Библиографический список

1. Орлова И.В., Половников В.А. Информацию, полученную в результате построения аналогичных моделей, руководство может использовать с пользой для предприятия. То есть, делать выводы о возможности влияния на величину экономической эффективности посредством влияния на объем факторов (инвестиции в инновации и затраты на ресурсы) Экономико-математические методы и модели: компьютерное моделирование: Учеб. пособие. – Изд. испр. и доп. – М.: Вузовский учебник, 2009.
2. Дуброва Т.А. Прогнозирование социально-экономических процессов. Статистические методы и модели: учеб. пособие – М.: Маркет ДС, 2007.
3. Браткова О.В., Гапоненко В.Ф. Управление устойчивым развитием промышленных предприятий. – М.: Компания Спутник+, 2006.
4. Колобков А.А., Омельченко И.Н. Стратегическое управление организационно-экономической устойчивостью фирмы. М.: МГТУ им. Баумана, 2001.
5. Колобков А.А., Омельченко И.Н., Шклярский Л.Ф. Логистическое моделирование производственно-сбытовых систем // Вестник машиностроения. 1994. № 5. С. 40-43.
6. Антононова И.В. Методы прогнозирования социально-экономических процессов: учеб. пособие. – Улан-Удэ: Изд-во ВСГТУ, 2004.
7. Федосеев В.В. Экономико-математические методы и прикладные модели. – М.: ЮНИТИ, 2005.
8. Бережная Е.В., Бережной В.И. Математические методы моделирования экономических систем. – М.: Финансы и статистика, 2005.
9. Кундышева Е.С. Математическое моделирование в экономике. М., 2007.
10. <http://www.marketing.spb.ru/read/m3/6.htm>.
11. http://www.cfin.ru/management/strategy/estimate_competitiveness.shtml.