

УДК 311.172(470.67)

МОДЕЛИРОВАНИЕ И ОЦЕНКА ВЗАИМОСВЯЗЕЙ В ДИНАМИКЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ЗАТРАТ В СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ РЕГИОНА (ПО МАТЕРИАЛАМ РЕСПУБЛИКИ ДАГЕСТАН ЗА 2010–2016 ГГ.)**Адамадиев К.Р., Ахмедов А.С.***ФГБОУ ВО «Дагестанский государственный университет», Махачкала, e-mail: adamadziev@mail.ru*

Целью исследования является построение уравнений рядов динамики и оценка на их основе тенденций показателей затрат в сельском хозяйстве региона и анализ их параметров и характеристик. Для достижения поставленной цели решен ряд задач: сформировано исходное информационное обеспечение показателей затрат в сельском хозяйстве Республики Дагестан за 2010–2016 гг.; построены различные виды уравнений рядов динамики, характеризующие тенденции взаимосвязей между показателями затрат в сельском хозяйстве региона; разработан модельно-компьютерный инструментарий, обеспечивающий автоматизацию всех расчетов и процедур обработки информации; создана совокупность аналитических таблиц и сформулированы выводы. Проверены на приемлемость различные виды уравнений регрессии, построенных для сельского хозяйства в целом, для растениеводства и животноводства. На основе анализа статистических характеристик доказана приемлемость различных видов уравнений регрессии для выявления, описания и анализа тенденций в динамике экономических показателей сельского хозяйства и в динамике взаимосвязей между ними. Выявлена и дана оценка параметров для каждой пары показателей и для двухфакторных взаимосвязей в сельском хозяйстве с применением различных методов. Проведен графический анализ. Обоснована предпочтительность уравнений линейного и степенного видов по экономическому смыслу их параметров по сравнению с другими видами уравнений регрессии. Проведен анализ ряда важных экономических показателей, таких как предельные эффекты и коэффициенты эластичности, определенных на основе уравнений парной регрессии, выражающих зависимость суммарных затрат в сельском хозяйстве РД от материальных затрат и от затрат на оплату труда по данным за 2010–2016 гг. Для двухфакторных уравнений регрессии определен и проанализирован ряд дополнительных характеристик, в частности изокванты и предельные нормы взаимозаменяемости показателей-факторов.

Ключевые слова: сельское хозяйство, производственные затраты, анализ, корреляция, ряды динамики, тенденция, уравнение, показатель-фактор, модель, параметры, статистические характеристики, предельный эффект, коэффициент эластичности

MODELING AND ASSESSMENT OF INTERRELATIONS IN THE DYNAMICS OF COST INDICATORS IN AGRICULTURE OF THE REGION (BASED ON THE MATERIALS OF THE REPUBLIC OF DAGESTAN FOR 2010–2016)**Adamadziev K.R., Akhmedov A.S.***State Budget Educational Institution of Higher Professional Education «Dagestan State University», Makhachkala, e-mail: adamadziev@mail.ru*

The aim of the study is to construct the equations of the dynamics series for estimating the trends in the costs in agriculture in the region and analyzing their parameters and characteristics. To achieve this goal, a number of tasks have been solved: initial information support has been formed cost indicators in agriculture of the Republic Dagestan for 2010–2016; different types of equations dynamics series are constructed that characterize the trends of interrelations between costs in agriculture in the region; The model-computer toolkit providing automation of all calculations and procedures of information processing is developed; A set of analytical tables has been created and conclusions have been formulated. Various types of regression equations, constructed for agriculture as a whole, for crop and livestock production, have been tested for acceptability. Based on the analysis of statistical characteristics, it is proved that various types of regression equations are acceptable for identifying, describing and analyzing trends in the dynamics of economic indicators of agriculture and in the dynamics of relationships between them. Identified and evaluated parameters for each pair of indicators and for two-factor relationships in agriculture using various methods. Graphical analysis conducted. The preference is given to the the linear and power-law equations by the economic meaning of their parameters as compared with other types of regression equations. A number of important economic indicators were analyzed, such as marginal effects and elasticity coefficients, determined on the basis of the equations of the pair regression, expressing the dependence of the total costs in the RD agriculture on material costs and on labor costs according to the data for 2010–2016. For two-factor regression equations, a number of additional characteristics have been determined and analyzed, in particular, isoquants and limit norms of interchangeability of indicators-factors.

Keywords: agriculture, production costs, analysis, correlation, dynamics series, trend, equation, indicator-factor, model, options, statistical characteristics, limiting effect, elasticity coefficient

В соответствии с принятой Правительством Российской Федерации в 2017 г. Программой «Цифровая экономика Российской Федерации» (на 2018–2024 гг.) ключевым фактором производства во всех сферах социально-экономической деятельности

должны стать данные в цифровой форме. Определяющую роль в трансформации экономики в цифровую призваны сыграть два ключевых направления: а) исследования и разработки, б) кадры и образование. Основной целью направления «исследования

и разработки» является создание системы поддержки поисковых, прикладных исследований в области цифровой экономики, обеспечивающей технологическую независимость и конкурентоспособность на глобальном уровне [1; 2].

Цель настоящего исследования: показать особенности и методы перевода на цифровую основу задач по выявлению, описанию и оценке тенденций в динамике взаимосвязей экономических показателей на примере сельского хозяйства региона. Для достижения поставленной цели решен ряд задач: сформированы таблицы с исходными данными показателей затрат в сельском хозяйстве Республики Дагестан за 2010–2016 гг.; разработан модельно-компьютерный инструментарий, реализующий системный подход, а также позволяющий автоматизировать все расчеты и процедуры обработки информации; построены уравнения рядов динамики, выражающие тенденции в динамике взаимосвязей между показателями; сформулированы выводы.

Данные в цифровой форме означают для экономических объектов, прежде всего, данные существующих учетно-отчетных документов, переведенные на компьютерную основу. Путем обработки учетно-отчетных данных создавать документы с аналитическими данными. Для этого применяется арсенал методов, созданный многими поколениями ученых и специалистов. Их принято классифицировать по различным признакам. Нами, например, они разделены на две группы: традиционные (основывающиеся на простых арифметических действиях и ручных расчетах) и новые (основывающиеся на высшей математике и компьютерных технологиях обработки данных). В настоящем исследовании применены в основном методы математического и компьютерного моделирования.

Показатели экономических объектов связаны друг с другом прямо или косвенно, образуя их системы. Выявить, описать и проанализировать эти связи является очень важной и в то же время сложной задачей экономической науки и практики. Главная сложность обусловлена стохастическим (или корреляционно-регрессионным) характером этих связей, означающим, что исследователю неизвестны ни степень, ни вид (характер) этих связей. Поэтому для выявления, описания и оценки связей возникает необходимость выполнения множества расчетов, часть из которых сама по себе не представляет ценности. Взаимосвязи и зависимости между различными показателями могут быть выявлены и оценены только с применением системного подхода,

предусматривающий применения различных методик, методов, моделей и компьютерных инструментариев. Одни из экономических показателей являются зависимыми от одного, двух и более других, которые выступают как независимые показатели-факторы. Данные двух, трёх и более показателей для совокупности однотипных объектов называются пространственными данными, а математические модели, выражающие стохастические или корреляционные взаимосвязи между показателями для совокупности объектов, – уравнениями регрессии. Корреляционно взаимосвязанными могут быть два, три и более показателя одного и того же экономического объекта за ряд последовательных временных периодов. Такие данные называются рядами динамики, а математические модели, построенные на их основе, – уравнениями рядов динамики, выражающими тенденции во взаимосвязях [3; 4].

Настоящее исследование посвящено выявлению тенденций в динамике взаимосвязей между показателями затрат в сельском хозяйстве Республики Дагестан по данным за 2010–2016 гг. путем построения уравнений рядов динамики. При этом в качестве зависимых рассматриваются объемы всех затрат (в целом по сельскому хозяйству Республики Дагестан, в растениеводстве и животноводстве, тыс. руб.), а в качестве показателей-факторов – объемы материальных затрат и затрат на оплату труда (тыс. руб.).

Выявление и оценка взаимосвязей нами проведены для каждой пары показателей и для двухфакторных взаимосвязей. Примененный нами графический метод анализа показал, что, во-первых, зависимость всех затрат от материальных затрат во всех трех случаях одинаково четко выражена и имеет вид весьма близкий к линейному; во-вторых, корреляция в динамике зависимости всех затрат от затрат на оплату труда также имеет место, но ее вид заметно отличается.

Графический метод не позволяет однозначно утверждать о наличии и виде тенденций. Поэтому на приемлемость нами проверены различные виды уравнений. Для этого создана табл. 1.

По данным строк Y_t и MZ_t можно построить уравнения, выражающие тенденции линейного и показательного видов; по данным первых трех строк – уравнение параболического вида; по данным строк Y_t и $1/MZ_t$ – уравнение гиперболического вида и по данным строк $\lg Y_t$ и $\lg MZ_t$ – уравнение степенного вида.

По данным табл. 1 можно построить уравнения парной регрессии, выражающие

тенденции с помощью «мастера функций» из MS Excel, используя две статистические функции «ЛИНЕЙН» и «ЛГРФПРИБЛ»: по второй функции – уравнение показательного вида, а по первой – остальные четыре.

Чтобы построить уравнения для зависимости всех затрат от затрат на оплату труда (Y_t и ZP_t), нет необходимости повторить выполнение всех процедур, описанных нами при построении уравнения для зависимости Y_t от MZ_t . Для этого достаточно скопировать все таблицы, созданные для Y_t от MZ_t , и заменить в копиях этих таблиц данные строк MZ_t данными ZP_t . При этом данные всех расчетных строк автоматически пересчитываются.

Совокупность всех таблиц, созданных в MS Excel для построения уравнений регрессии, выражающих тенденции зависимостей Y_t от MZ_t и от ZP_t для сельского хозяйства в целом, можно рассматривать как компьютерную модель. Скопировав ее и заменив данные строк Y_t , MZ_t , ZP_t (в целом для сельского хозяйства) данными Y_t , MZ_t , ZP_t для растениеводства и животноводства, можно автоматически выполнить все расчеты, связанные с построением уравнений тенденций для растениеводства и животноводства. В табл. 2 приведены величины параметров и четырех статистических характеристик для уравнений рядов динамики линейного и степенного видов.

Таблица 1

Форма представления исходных данных для построения пяти видов уравнений, выражающих тенденции зависимости всех затрат Y_t от материальных затрат MZ_t

	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Y_t , тыс. руб.	2573482	2956637	4031568	5023805	6703202	6955147	8203048
MZ_t , тыс. руб.	1329714	1651363	2670491	3233244	4514970	4619850	5434889
MZ_t^2	1,768E + 12	2,727E + 12	7,132E + 12	1,045E + 13	2,038E + 13	2,134E + 13	2,954E + 13
$1/MZ_t$	0,00000075	0,00000061	0,00000037	0,00000031	0,00000022	0,00000022	0,00000018
$\lg Y_t$	6,1238	6,2178	6,4266	6,5096	6,6547	6,6646	6,7352
$\lg MZ_t$	6,4105	6,4708	6,6055	6,7010	6,8263	6,8423	6,9140

Таблица 2

Величины параметров и статистических характеристик уравнений рядов динамики линейного и степенного видов, выражающих зависимость суммарных затрат в сельском хозяйстве РД от материальных затрат и от затрат на оплату труда по данным за 2010–2016 г. в целом по сельскому хозяйству, по растениеводству и по животноводству

	Сельское хозяйство		Растениеводство		Животноводство	
	всего от матер.	всего от опл. труда	всего от матер.	всего от опл. труда	всего от матер.	всего от опл. труда
	Y_t от MZ_t	Y_t от ZP_t	Y_t от MZ_t	Y_t от ZP_t	Y_t от MZ_t	Y_t от ZP_t
линейн						
b	626981,4	-7338798,2	527243,6	2139964,1	125835,1	-1989937,2
m	1,3668	17,2980	1,3265	0,8566	1,3119	15,7817
sey	150764,1	1538352,0	82120,4	965165,5	93891,4	339892,0
r2	0,9959	0,5726	0,9928	0,0020	0,9934	0,9137
F	1213,0	6,7	687,1	0,0	753,9	52,9
A, %	2,90	29,55	3,30	38,81	3,96	14,34
степен						
b	22,506	2,393E-07	73,903	4,375E + 06	6,252	6,216E-06
m	0,8229	2,2710	0,7349	-0,0482	0,8955	2,1239
sey	0,0204	0,1626	0,0241	0,1763	0,0190	0,0855
R	0,9907	0,4121	0,9814	0,0002	0,9941	0,8797
F	535,2	3,5	263,7	0,0	836,3	36,5
A, %	0,30	2,42	0,38	2,76	0,30	1,34

Из шести уравнений, данные по которым приведены в табл. 2, по всем статистическим характеристикам однозначно приемлемой следует считать зависимость всех затрат в растениеводстве РД от затрат на оплату труда ($r^2 = 0$; $F = 0$; $A = 38,8\%$); во всех случаях степень зависимости всех затрат (Y_t) от материальных (MZ_t) выше, чем от затрат на оплату труда (ZP_t); степень рассматриваемых зависимостей в животноводстве выше, чем в растениеводстве. Согласно четырём статистическим характеристикам (sey , r^2 , F , A) оба вида уравнений, выражающие зависимость всех затрат в сельском хозяйстве РД от материальных затрат в динамике за семь лет, следует считать приемлемыми для описания тенденций. Это вполне объяснимо; зависимости в экономике не могут однозначно считаться прямыми и/или кривыми линиями. Приемлемость разных видов уравнений для описания тенденций следует рассматривать как факт положительный; каждое уравнение позволяет получить информацию, дополняющую полученную по другим уравнением.

По статистическим характеристикам, рассчитанным нами, можно сформулировать два важных вывода о предпочтительности видов уравнений:

– по степени приемлемости (по величине r^2) уравнения, выражающие зависимости, можно расположить в следующей последовательности:

а) для сельского хозяйства в целом: для Y_t от MZ_t линейный – степенной – показательный; для Y_t от ZP_t линейный – показательный – степенной;

б) для растениеводства: для Y_t от MZ_t линейный – показательный – степенной;

в) для животноводства: для Y_t от MZ_t степенной – линейный – показательный; для Y_t от ZP_t линейный – степенной – показательный;

– по величинам средней ошибки аппроксимации (A , %) приемлемыми можно считать уравнения, выражающие зависимость Y_t от MZ_t во всех трех сферах (сельское хозяйство в целом, растениеводство, животноводство), а выражающие зависимость Y_t от ZP_t – только в животноводстве.

Получить новую аналитическую информацию для оценки связей, зависимостей и тенденций можно и по каждому из уравнений, определив на их основе и проанализировав величины двух новых показателей: (а) предельного эффекта и (б) коэффициента эластичности, которые рассчитываются по формулам

$$а) dY/dMZ_t; dY/dZP_t;$$

$$б) E_{Y_t} = (dY_t / dMZ_t) * (MZ_t / Y_t);$$

$$E_{Y_t} = (dY_t / dZP_t) * (ZP_t / Y_t).$$

Предельные эффекты и коэффициенты эластичности – новая ценная информация, характеризующая динамическую тенденцию. Предельный эффект – это величина (в тыс. руб.), на которую может возрасти Y_t , если MZ_t (или ZP_t) увеличится на 1 тыс. руб.; коэффициент эластичности показывает, на сколько процентов возрастет Y_t , если величина MZ_t (или ZP_t) увеличится на 1%. В соответствии с предельным эффектом, определяемым по линейному уравнению, при увеличении материальных затрат в сельское хозяйство (MZ_t) на 1 тыс. руб. все затраты в сельское хозяйство РД в целом увеличатся на 1,3668 тыс. руб. А вот в соответствии с уравнениями степенного вида при увеличении MZ_t на 1 тыс. руб. неизвестно, на какую величину увеличивается Y_t (она увеличивается на переменную величину, выраженную формулой).

При прочих равных условиях уравнениям линейного и степенного видов отдадут предпочтение, поскольку параметр (m) при показателе-факторе имеет экономический смысл. Параметр (m) при показателе-факторе в уравнении линейного вида равен предельному эффекту показателя-фактора, а в уравнениях степенного вида – коэффициенту эластичности показателя-фактора. Предельный эффект показывает абсолютный рост зависимого показателя при увеличении показателя-фактора на одну абсолютную единицу, а коэффициент эластичности показывает величину роста зависимого показателя в процентах при увеличении фактора на 1%.

Величины предельных эффектов и коэффициентов эластичности для построенных нами уравнений рядов динамики линейного и степенного видов приведены в табл. 3. Поскольку показатели Y_t , MZ_t , ZP_t выражают объемы затрат, то рост предельного эффекта не является фактом положительным; наоборот, меньший рост предельного эффекта в нашем случае означает снижение затрат. Следовательно, согласно табл. 3 как материальные (MZ_t), так и затраты на оплату труда (ZP_t) в животноводстве более эффективны, чем в растениеводстве и сельском хозяйстве в целом. Коэффициент эластичности материальных затрат в животноводстве выше, чем в растениеводстве и в целом по сельскому хозяйству; но эластичность затрат на оплату – ниже. При исследовании связей, зависимостей и тенденций в экономике наряду с парными или однофакторными уравнениями регрессии принято строить и двух-трех и более факторные (многофакторные) уравнения, которые считаются более важными и ценными с точки зрения возможности получения новой информации.

Таблица 3

Величины предельных эффектов и коэффициентов эластичности, рассчитанные по уравнениям рядов динамики линейного и степенного видов, выражающих зависимость суммарных затрат в сельском хозяйстве РД от материальных затрат и от затрат на оплату труда по данным за 2010–2016 гг.

	Y_t от MZ_t	Y_t от ZP_t
	предельный эффект	
сельское хозяйство	1,37	17,3
растениеводство	1,33	–
животноводство	1,31	15,8
	коэффициент эластичности	
сельское хозяйство	0,82	2,27
растениеводство	0,73	–
животноводство	0,89	2,12

Поэтому наряду с однофакторными уравнениями $Y_t = f(MZ_t)$ и $Y_t = f(ZP_t)$ нами построены двухфакторные уравнения $Y_t = f(MZ_t, ZP_t)$. Уравнения линейного и степенного видов более приемлемы. Поэтому проанализируем параметры только этих уравнений.

Многофакторные уравнения в отличие от однофакторных позволяют рассчитывать и анализировать ряд дополнительных показателей. К ним относятся в первую очередь изокванты и предельные нормы взаимозаменяемости показателей-факторов [4; 5]. Изокванта – это уравнение, с помощью которого можно определить множество значений показателей-факторов, при которых результативный показатель принимает одно и то же значение. В нашем случае изокванты – это совокупности пар значений материальных затрат и затрат на оплату труда, при которой все затраты в каждой из трёх сфер (сельском хозяйстве в целом – Y_t , в растениеводстве – YR_t и животноводстве – YJ_t) принимают одни и те же значения ($Y_t = \text{const}$; $YR_t = \text{const}$; $YJ_t = \text{const}$). Чтобы построить изокванту, результативный показатель считается заданным и один из показателей-факторов выражается через другие.

Ниже приведены формулы изоквант для построенных нами двухфакторных уравнений: для уравнений линейного (а) и степенного (б) видов:

$$\begin{aligned} \text{а) } MZ_t &= (Y_t + 402482)/1,2902 - 1,3744 * ZP_t; \\ MZR_t &= (YR_t - 54773)/1,3294 - 1,0724 * ZPR_t; \\ MZJ_t &= (YJ_t - 385140)/1,0576 - 3,2356 * ZPJ_t; \\ \text{б) } MZ_t &= [Y_t / (0,3656 * ZP_t^{0,3590})]^{1,2911}; \\ MZR_t &= [YR_t / (0,3022 * ZPR_t^{0,4112})]^{1,3360}; \\ MZJ_t &= [YJ_t / (0,3275 * ZPJ_t^{0,4002})]^{1,3315}. \end{aligned}$$

Предельные нормы показателей-факторов представляют собой величины каждого

из показателей-факторов, которые требуются, чтобы заменить одну единицу каждого из других. Они определяются как частные производные по уравнениям изоквант. Рассчитанные нами предельные нормы взаимозаменяемости материальных затрат и затрат на оплату труда в сельском хозяйстве (а), растениеводстве (б) и животноводстве (в) РД приведены ниже:

$$\begin{aligned} \text{а) } \partial MZ_t / \partial ZP_t &= 1,7733 / 1,2902 = 1,3744; \\ \text{б) } \partial MZR_t / \partial ZPR_t &= 1,4257 / 1,3294 = 1,0724; \\ \text{в) } \partial MZJ_t / \partial ZPJ_t &= 3,4240 / 1,0576 = 3,2375. \end{aligned}$$

В случае линейных уравнений рядов динамики предельные нормы взаимозаменяемости представляют собой численные величины, равные относительным параметрам (m_1, m_2) при показателях-факторах, которые определяются путем деления параметра при каждом показателе-факторе на каждый из остальных, и наоборот.

Заключение

Главным результатом проведённого исследования является модельно-компьютерный инструментарий (или компьютерная модель), предназначенный для построения пяти видов одно- и двухфакторных уравнений рядов динамики, апробированный по данным величин трех показателей затрат в сельском хозяйстве в целом, растениеводстве и животноводстве Республики Дагестан за 7 лет (2010–2016 гг.). Модельно-компьютерный инструментарий состоит из трех модулей: первый и второй – для построения одно- и двухфакторных уравнений рядов динамики соответственно, третий – для одновременного построения одно- и двухфакторных уравнений рядов динамики. Модельный инструментарий можно применить:

- а) для любого региона;
- б) для любого сельскохозяйственного предприятия;
- в) по данным за любой интервал времени от пяти и более лет.

Список литературы

1. Программа «Цифровая экономика Российской Федерации» [Электронный ресурс]. URL: <http://government.ru/rugovclassifier/614/events/> (дата обращения: 12.01.2019).
2. Маркова В.Д. Цифровая экономика: учебник. М.: ИНФРА-М, 2019. 186 с. DOI: 10.12737/textbook_5a97ed07408159.98683294.
3. Адамзиев К.Р. Отношения, зависимости и динамические тенденции показателей России, ЮФО и Республики Дагестан: статистико-эконометрическая оценка // Сегодня и завтра российской экономики. Научно-анал. сборник. Спец. выпуск, 2009. С. 30–40.
4. Эконометрика: учебник / Под ред. И.И. Елисевой. 2-е изд., перераб. и доп. М.: Финансы и статистика, 2005. 576 с.
5. Математическая экономика и экономическая информатика: материалы научных чтений, посвященных 75-летию со дня рождения выдающегося экономиста-математика, доктора экономических наук, профессора Кардаша Виктора Алексеевича (10.10.1935 г. – 12.05.2010 г.) (г. Кисловодск, 10–12 октября 2010 г.). Ростовский государственный экономический университет (РИНХ). Ростов-н/Д., 2011. 616 с.