

Использование многофакторных регрессионных моделей при прогнозировании в сфере сельского хозяйства Якутии

Л. М. Бястинова

СВФУ им. М. К. Аммосова, г. Якутск, Россия

Аннотация. В условиях постоянно меняющихся экономических условий хозяйствования становится особенно актуальным обеспечение продовольственной безопасности в стране, а также регионах. Сельское хозяйство является единственной отраслью, которая в состоянии вывести страну в состояние полного самообеспечения, что четко обозначено в Доктрине продовольственной безопасности России. С учетом этого особенно острой проблемой является интенсификация отраслей сельского хозяйства путем внедрения новых технологий, повышения качества землепользования, связи с этим перед государством стоят вопросы развития отрасли и научного предвидения ее основных показателей с учетом имеющихся факторов и условий. В данной статье приведена подробная методика разработки прогноза для отрасли сельского хозяйства с использованием многофакторных регрессионных моделей. Рассмотрены основные факторы, влияющие на показатели сельского хозяйства, выделены основные из них и разработана многофакторная регрессионная модель для прогноза показателя валовой продукции сельского хозяйства на ближайшие пять лет. Даны рекомендации для совершенствования применения данного метода применительно к рассматриваемому региону.

Ключевые слова: регрессионные модели, сельское хозяйство, прогнозирование, землепользование, животноводство.

The use of Multifactor Regression Models in Forecasting in the Agricultural Sector of Yakutia

L. M. Byastinova

M. K. Ammosov NEFU, Yakutsk, Russia

Abstract. Under the constantly changing economic conditions of management, ensuring food security in the country, as well as in the regions becomes especially relevant. Agriculture is the only industry that is able to bring countries into a state of complete self-sufficiency, which is clearly indicated in the Doctrine of Food Security of Russia. With this in mind, the intensification of agricultural sectors, through the introduction of new technologies and improving the quality of land use is a particularly topical challenge. In this regard, the state faces the issues of the development of the industry and scientific forecast of its main indicators, taking into account the existing factors and conditions. This article provides a detailed methodology for developing a forecast for the agricultural sector using multivariate regression models. The main factors influencing the indicators of agriculture are considered, the main ones are highlighted and a multifactorial regression model is developed to forecast the indicator of gross agricultural output for the next five years. Recommendations are given for improving the application of this method in relation to the region under consideration.

Keywords: regression models, agriculture, forecasting, land use, livestock breeding.

Введение

Нынешние экономические реалии диктуют большие вызовы в области обеспечения продовольственной безопасности в стране, развития отечественного продовольствия для достижения полного самообеспечения продукцией сельского хозяйства и выхода ее на мировые рынки. В этих целях перед отраслью сельского хозяйства стоит глобальная задача ее переориентации и перехода на новый тип хозяйствования, использования передовых отечественных разработок, интенсификации используемых природных ресурсов [1].

Значительное влияние на показатели сельского хозяйства оказывает состояние сельскохозяйственных угодий. Если в России на сегодняшний день 2,2 млн кв. км сельхозугодий (13% от общей площади земель страны), то в самом северном регионе России – Республике

Саха (Якутия) это лишь 16,4 тыс. кв. км. Сельскохозяйственные угодья занимают всего 8,4% в общей площади земель сельскохозяйственного назначения. Если сопоставить данную величину с общей площадью республики, то это всего 0,5% [2]. Здесь характерна зона рискованного земледелия, характеризующаяся низкой плодородностью земли. Эти факты обуславливают необходимость подробного изучения всех экономических, природных и других факторов и учет их влияния на дальнейшее развитие отрасли в республике.

Основная часть

Успешное прогнозирование с применением одного фактора возможно только в том случае, когда результативный или прогнозируемый показатель достаточно тесно связан с единственным фактором и изменяется только под его влиянием. Но в большинстве случаев данные условия не выполнимы, поскольку на результат одного показателя как правило влияет множество других. Причем размер их влияния разнообразен. Поэтому на практике широкое применение получило использование многофакторных моделей при разработке прогнозов.

В общем виде многофакторная модель может быть представлена следующим образом.

$$Y = F(X_1, X_2, \dots, X_n)$$

Y – прогнозируемый показатель;

$X_1, X_2, \dots, X_n$ – независимые переменные или факторы, которые оказывают влияние на Y .

F – закон, по которому Y зависит от факторов X .

Как и в однофакторной регрессии возможны различные виды уравнений множественной регрессии: линейные и нелинейные. В простейшем случае, когда взаимосвязи между Y и $X_1, X_2, \dots, X_n$ имеют линейный характер, многофакторная регрессия может быть представлена линейным уравнением [3]:

$$Y = a + b_1 * X_1 + b_2 * X_2 + b_3 * X_3 + \dots + b_n * X_n$$

Коэффициенты рядом с переменными отражают изменение результативного показателя при изменении i -го фактора на единицу. При этом необходимо подчеркнуть одну важную особенность – коэффициенты регрессии показывают «чистое влияние» i -го фактора на прогнозируемый показатель при исключении влияния всех остальных факторов, включенных в модель. Идеально если эти переменные не влияют друг на друга, но такая ситуация скорее исключение из правил. В связи с этим можно выделить одну из важных проблем, при построении многофакторных моделей – это проблема мультиколлинеарности, то есть сильной взаимосвязи факторов, включенных в модель [3, 4].

При мультиколлинеарности затрудняется интерпретация параметров уравнения, они становятся не надежными в прогностических целях и могут быть получены значительные ошибки прогнозов. Оценить и выявить мультиколлинеарность можно с помощью матрицы парных коэффициентов корреляции. Если при этом будет выявлена слабая связь между факторными показателями, то данные параметры можно будет включать в модель и наоборот.

В теории и практике существует несколько способов преодоления мультиколлинеарности:

- 1) исключение одного или нескольких факторов, ответственных за корреляцию;
- 2) преобразование исходных данных, переход к цепным абсолютным приростам;
- 3) переход от исходных переменных к их линейной комбинации (метод главных компонент).

Наиболее простым способом является первый, при этом необходимо учитывать ряд правил.

Первое правило заключается в следующем: коэффициент корреляции каждого фактора с прогнозируемым показателем должен быть больше, чем коэффициент связи фактора

между собой. Факторы, которые связаны между собой сильнее, чем с прогнозным показателем – исключаются из модели.

Во-вторых, из двух взаимосвязанных факторов в модель включается тот, у которого коэффициент корреляции с Y больше, но при этом предпочтение отдается тому фактору, который при достаточно тесной связи с прогнозируемым (с Y) имеет наименьшую тесноту связи с другими факторами [3, 4].

Обнаружить факторы, которые отвечают за мультиколлинеарность помогает расчет коэффициентов детерминации (R^2). При этом чем ближе будет значение коэффициента к единице, тем сильнее будет проявляться мультиколлинеарность фактора. Сравнивая между собой коэффициенты детерминации факторов, можно выделить переменные, ответственные за мультиколлинеарность и, следовательно, решить проблему отбора факторов.

Помимо коэффициентов парной и множественной корреляции рассчитывают коэффициенты частной корреляции.

Надежные и достоверные результаты при построении множественной регрессии дает метод пошаговой регрессии. Он может осуществляться одним из трех способов:

- 1) метод включения факторов;
- 2) метод исключения факторов;
- 3) метод последовательного включения-исключения.

По мнению исследователей, выбор метода пошаговой регрессии при построении множественной регрессии определяется целями, задачами и особенностями отобранных параметров будущей модели. В целях разработки прогноза показателей сельского хозяйства нами предлагается применение многофакторной регрессионной модели методом пошаговой регрессии, при этом факторы включаются в модель последовательно.

Поскольку сельское хозяйство Якутии характеризуется в большей степени животноводческой направленностью, в силу очень низкой распаханности земель сельскохозяйственного назначения, предлагается разработка прогнозной модели показателя валовой продукции животноводства.

За последние десять лет продукция сельского хозяйства в целом по республике росла в среднем на 6,3%. Несмотря на то, что продукция животноводства в 2 раза выше, чем продукция растениеводства, в большей степени среднегодовой прирост наблюдается именно по данному направлению (9% против 5,4%) (рис. 1).

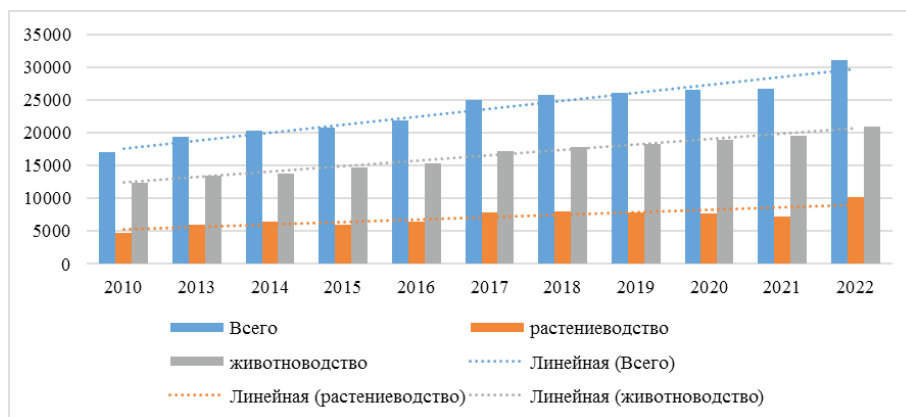


Рис 1. Валовая продукция сельского хозяйства Республики Саха (Якутия) за 2010–2022 гг., млн руб. [5]

Таблица 1

Исходные показатели сельского хозяйства Республики Саха (Якутия) за 2021 г. для построения многофакторной модели

№	Муниципальные районы	Валовая продукция сельского хозяйства, млн. руб.	Поголовье КРС, гол.	Поголовье лошадей, гол.	Площадь пастбищ, тыс. га	Площадь сенокосов, тыс. га	Количество хозяйствующих субъектов в отрасли, ед.	Количество сельскохозяйственных организаций, ед.	Количество личных подсобных хозяйств, ед.	Численность сельского населения, чел.
		Y	X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7	X8
1	Абыйский	61	468	958	6636	7402	500	0	482	1913
2	Алданский	398,2	678	600	3663	6057	365	5	360	3865
3	Аллаиховский	4,9	10	50	22	617	30	0	30	597
4	Амгинский	1657,3	12279	13 133	39893	46840	3323	14	3147	16771
5	Анабарский	52,5		44			198	0	198	3631
6	Булунский	42,6	14	354	471	537	208	0	208	3735
7	Верхневиллойский	1183,5	10681	8 809	39249	25811	3924	0	3809	21019
8	Верхнеколымский	38,7	219	198	3856	4389	284	5	279	1256
9	Верхоянский	336,6	2358	7 263	41590	39400	1418	7	1349	6182
10	Вилуйский	1219,9	11335	7 901	23293	22569	2514	22	2405	11084
11	Горный	495,4	4619	4 717	21330	32346	1936	6	1718	12205
12	Жиганский	14,9	72	16	1121	1112	404	0	404	4153
13	Кобяйский	701	4869	3 285	19768	39198	2161	5	2103	8389
14	Ленский	786,8	1544	1 540	4175	8058	1167	5	1104	4573
15	Мегино-Кангаласский	2476,8	18907	15 951	54259	52154	6309	23	6045	26660
16	Мирнинский	520,9	924	442	3243	5740	354	4	342	2300
17	Момский	90,7	303	1 516	12514	4947	691	0	691	3991
18	Намский	1326,8	10233	12 179	70026	32183	5224	14	5038	25017
19	Нерюнгринский	756,6	240	70	2233		77	0	77	1065
20	Нижнеколымский	41,3	18	62	6048	1691	27	0	27	1677
21	Нюрбинский	1601,4	12705	11 034	34906	43699	3579	20	3442	13910

22	Оймяконский	182,6	1049	3 678	9020	5479	297	4	265	2744
23	Олёкминский	1190,9	5807	6 477	37165	20411	3782	4	3665	15025
24	Оленёкский	28,2	98	171	581	713	115	4	111	4324
25	Среднеколымский	166,9	898	2 722	7894	8627	636	4	632	3769
26	Сунтарский	1547	13807	12 303	51430	59671	4257	17	4101	23580
27	Таттинский	1753,2	14652	14 299	38055	40854	3906	15	3726	16122
28	Томпонский	291,6	2444	2 122	25750	8945	967	0	967	5334
29	Усть-Алданский	1504,9	13996	13 280	78619	57857	4186	13	3977	20242
30	Усть-Майский	220,1	766	1 201	7958	19398	521	3	497	1975
31	Усть-Янский	82,6	93	426	2190	1921	93	0	88	3138
32	Хангаласский	1709,1	9478	14 337	53341	42658	4355	14	4191	17350
33	Чурапчинский	1713,1	18682	16 486	68661	56221	4928	13	4609	20854
34	Эвено-Бытантайский	90,4	725	1 524	5404	5372	325	0	313	2900
35	Городской округ «город Якутск»	3518,4	3144	3 293	21067	16601	2309	20	2222	16477
36	Городской округ «Жагай»	110,8	82	212		19	7	0	0	

Источник: составлено автором на основе данных Федеральной службы государственной статистики [5].

Для составления прогноза были подобраны различные показатели в качестве факторных:

- площади пастбищ;
- площади сенокосных угодий;
- количество хозяйствующих субъектов в отрасли;
- количество сельскохозяйственных организаций;
- количество личных подсобных хозяйств;
- численность сельского населения;
- поголовье лошадей;
- поголовье крупного рогатого скота.

Таблица 2

Парные коэффициенты корреляции по разрабатываемой модели показателей сельского хозяйства Республики Саха (Якутия) по состоянию на 01.01.2022

	Валовая продукция сельского хозяйства, млн. руб.	Поголовье КРС, гол.	Поголовье лошадей, гол.	Площадь пастбищ, тыс. га	Площадь сенокосов, тыс. га	Количество хозяйствующих субъектов в отрасли, ед.	Количество сельскохозяйственных организаций, ед.	Количество личных подсобных хозяйств, ед.	Численность сельского населения, чел.
Валовая продукция сельского хозяйства, млн. руб.	1,00								
Поголовье КРС, гол.	0,75	1,00							
Поголовье лошадей, гол.	0,74	0,96	1,00						
Площадь пастбищ, тыс. га	0,67	0,87	0,92	1,00					
Площадь сенокосов, тыс. га	0,69	0,89	0,92	0,89	1,00				
Количество хозяйствующих субъектов в отрасли, ед.	0,80	0,94	0,94	0,92	0,87	1,00			
Количество сельскохозяйственных организаций, ед.	0,85	0,80	0,78	0,66	0,74	0,77	1,00		
Количество личных подсобных хозяйств, ед.	0,80	0,94	0,94	0,92	0,87	1,00	0,77	1,00	
Численность сельского населения, чел.	0,82	0,90	0,90	0,90	0,84	0,97	0,75	0,97	1,00

Как видно из таблицы, мы можем наблюдать характер взаимосвязей по предлагаемым для модели показателям, причем это связи как между факторными и результативными, так и между факторными. При этом можно отметить, что наибольший показатель между факторным и результативным: количество сельскохозяйственных организаций (85%), численность сельского населения (82%), количество личных подсобных хозяйств (80%), количество хозяйствующих субъектов в отрасли (80%), поголовье крупного рогатого скота (75%), поголовье лошадей (74%). Необходимо учитывать отрицательную тенденцию в численности сельского населения республики, которое обусловлено миграцией населения в города, влиянием урбанизации и тотальным сокращением сельского населения практически во всех муниципальных районах Якутии.

Поскольку все диагональные элементы полученной матрицы стремятся к единице в большей степени, чем к нулю, можно говорить о наличии мультиколлинеарности. Соответственно необходимо исключить ряд факторов, которые отвечают за мультиколлинеарность. Сравнивая между собой представленные коэффициенты, можно вывести лишние показатели. Учитывая большое количество факторов, подбор представляется достаточно трудоемким. В этих целях предлагаем использовать средние величины для выявления исключаемых из модели показателей, так как параметры с максимальным значением будут иметь наиболее тесную связь с другими параметрами, и, соответственно, будут отвечать за мультиколлинеарность (рис. 2).

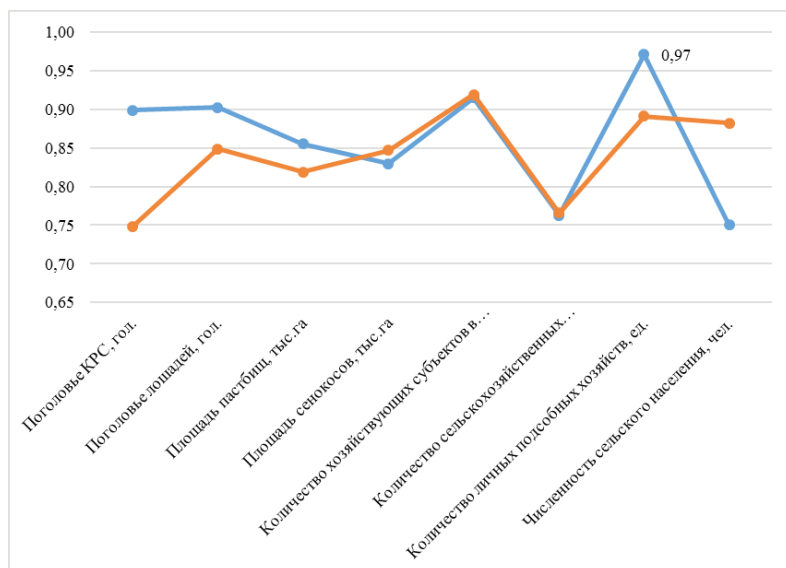


Рис. 2. Средние коэффициенты парной корреляции по показателям сельского хозяйства Республики Саха (Якутия) по состоянию на 01.01.2022

Среди рассчитанных средних коэффициентов вариации наибольшее значение получено по показателю количество личных подсобных хозяйств – 0,97, соответственно, данный параметр не будет учитываться при построении прогнозной модели.

Для построения прогнозной модели, с помощью метода пошаговой регрессии, последовательно включаем факторы в модель. Наибольший коэффициент при этом получен по количеству сельскохозяйственных организаций (X_6) – 0,85. Вводя его в модель, получаем уравнение:

$$y = a + b \cdot 0,85$$

При этом коэффициент детерминации составил 0,71 ($DR^2=0,71$).

Далее вводим в модель численность сельского населения (X_8) – 0,82:

$$y = a + b_1 \cdot 0,82 + b_2 \cdot 0,85$$

Рассчитанный коэффициент детерминации – 0,79 ($DR^2=0,08$). Поскольку изменение коэффициента детерминации в данном случае положительное, следует так же добавить показатель численности сельского населения в прогнозируемую модель.

По аналогии последовательно включаем (исключаем) отобранные факторные показатели и выводим окончательную многофакторную регрессионную модель по показателям сельского хозяйства:

$$Y = -59,46 - 0,024 \cdot X_1 - 0,008 \cdot X_2 - 0,006 \cdot X_3 - 0,004 \cdot X_4 + 67,73 \cdot X_6 + 0,08 \cdot X_8$$

Воспользовавшись полученной моделью, представим прогноз результативного показателя на 2022-2026 гг. Необходимо пояснить, что любой прогноз имеет ошибку, в дальнейшем целесообразно данную методику применить с учетом относительной ошибки аппроксимации.

Таблица 3

Прогноз валовой продукции сельского хозяйства РС (Я) на 2022-2026 гг.

Показатели	Усл. обозн.	2022	2 023	2024	2025	2026
Валовая продукция сельского хозяйства, млн. руб.	Y	34810	32803,6	31110,8	29683,9	28482,2
Поголовье КРС, гол.	X1	170796	163702	156903	150387	144141
Поголовье лошадей, гол.	X2	182114	181577	181041	180507	179974
Площадь пастбищ, тыс. га	X3	795,431	795,431	795,431	795,431	795,431
Площадь сенокосов, тыс. га	X4	719,497	719,497	719,497	719,497	719,497
Количество сельскохозяйственных организаций, ед.	X6	210,4	178,84	152,014	129,212	109,83
Численность сельского населения, чел.	X8	327284	326742	326201	325660	325121

В представленном прогнозе в первую очередь рассчитаны прогнозные значения факторных показателей с использованием метода скользящих средних и метода динамических рядов. Учитывая наличие статистических данных за 2022 г., мы можем резюмировать, что есть небольшая ошибка прогноза на 2022 г. Нами предлагается разрабатывать предложенные модели за ряд последовательных лет, поскольку возможна некорректность расчетов на основе ряда данных по муниципальным районам только за один фактический период времени.

Заключение

Подводя итоги, можно отметить необходимость и востребованность разработки прогноза показателей сельского хозяйства, опираясь на научные методы прогнозирования, в особенности с использованием многофакторных регрессионных моделей. Это обусловлено следующими факторами:

- природно-климатическими особенностями территории;
- обширными земельными площадями и разрозненностью сельхозугодий;
- неравномерностью распределения хозяйствующих субъектов по территории;
- резко континентальным климатом и сильным влиянием температурных факторов.

Таким образом, при прогнозе основных показателей сельского хозяйства могут быть учтены многие факторы, относящиеся к разным группам и имеющие разные единицы измерения.

Литература

1. Доктрина продовольственной безопасности Российской Федерации от 06.10.2016 [Электронный ресурс]. – URL : mcx.ru/documents/document/show/14857.19.htm (дата обращения: 12.10.2023).
2. Бястинова, Л. М. Состояние использования земель в сельском хозяйстве Республики Саха (Якутия) / Л. М. Бястинова // Вестник Северо-Восточного федерального университета им. М. К. Аммосова. Серия: Экономика. Социология. Культурология. – 2020. – № 2(18). – С. 22-29. – DOI 10.25587/j1974-7869-4140-p. – EDN QZVHYV.
3. Гордеев, В. И. Прогнозирование возможных последствий процессов слияний и поглощений в банковском секторе экономики / В. И. Гордеев, А. А. Дарякин // Экономика и управление: анализ тенденций и перспектив развития. – 2016. – № 27. – С. 162–169. – EDN WCOJWP.

4. Новоселов, Ю. А. Социально-экономическое прогнозирование : Учебное пособие. Ч. 1. / Ю. А. Новоселов. Новосибирск: СибУПК, 2000. 356 с.
5. Статистический ежегодник Республики Саха (Якутия): Стат. сборник / Территориальный орган Федеральной службы государственной статистики по Республике Саха (Якутия). – Якутск, 2022. – 542 с.

References

1. Doktrina prodovol'stvennoj bezopasnosti Rossijskoj Federacii ot 06.10.2016 [Elektronnyj resurs]. – URL : mcx.ru/documents/document/show/14857.19.htm (data obrashhenija: 12.10.2023).
2. Bjastinova, L. M. Sostojanie ispol'zovanija zemel' v sel'skom hozjajstve Respubliki Saha (Jakutija) / L. M. Bjastinova // Vestnik Severo-Vostochnogo federal'nogo universiteta im. M. K. Ammosova. Serija: Jekonomika. Sociologija. Kul'turologija. – 2020. – № 2(18). – S. 22-29. – DOI 10.25587/j1974-7869-4140-p. – EDN QZVHYV.
3. Gordeev, V. I. Prognozirovanie vozmozhnyh posledstvij processov slijanij i pogloshhenij v bankovskom sektore jekonomiki / V. I. Gordeev, A. A. Darjakin // Jekonomika i upravlenie: analiz tendencij i perspektiv razvitiya. – 2016. – № 27. – S. 162–169. – EDN WCOJWP.
4. Novoselov, Ju. A. Social'no-jekonomicheskoe prognozirovanie : Uchebnoe posobie. Ch. 1. / Ju. A. Novoselov. Novosibirsk: SibUPK, 2000. 356 s.
5. Statisticheskij ezhegodnik Respubliki Saha (Jakutija): Stat. sbornik / Territorial'nyj organ Federal'noj sluzhby gosudarstvennoj statistiki po Respublike Saha (Jakutija). – Jakutsk, 2022. – 542 s.

БЯСТИНОВА Луиза Михайловна – ст. преподаватель Финансово-экономического института, Северо-Восточный федеральный университет им. М. К. Аммосова.

E-mail: lbyastinova@mail.ru

BYASTINOVA Luiza Mikhailovna – Senior Lecturer, Institute of Finances and Economics, M. K. Ammosov North-Eastern Federal University.