

## ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ПРОИЗВОДСТВА И УРОЖАЙНОСТИ ЗЕРНОВЫХ КУЛЬТУР НА ОСНОВЕ РЕГРЕССИОННЫХ МОДЕЛЕЙ

Сельскохозяйственное производство является сложнейшим объектом с точки зрения моделирования производственно-технологических процессов. Сложность моделирования заключается в вероятностном характере большинства факторов, формирующих модели. В статье представлены регрессионные модели, адекватно описывающие изучаемый процесс и позволяющие прогнозировать производство и урожайность зерновых культур.

**Ключевые слова:** урожайность, валовой сбор, математическая модель, уравнение регрессии, коэффициенты парной, множественной корреляции.

В наших исследованиях для описания сложных биотехнических систем разработан целый ряд методик, одна из которых представлена здесь.

Сельское хозяйство является одной из важнейших отраслей экономики страны. С одной стороны результаты деятельности отрасли дают продукты питания и сырье для производства товаров в других отраслях экономики. С другой, необходимо отметить высокую социальную функцию отрасли, заключающуюся в обеспечении занятости населения.

Сельскохозяйственное производство является сложнейшим объектом с точки зрения моделирования систем социально-экономической динамики. Сложность моделирования заключается в том, что большинство факторов формирующих модель, являются вероятностными, причем не до конца изученными, можно лишь приблизительно сказать об их поведении при воздействии на них. Причем таких факторов большинство.

Рассматривая процесс производства сельскохозяйственной продукции, можно заметить, что это процесс взаимодействия биологических, технических и информационных подсистем нацелен на получение конечного результата. Таким образом, сельское хозяйство – совокупность биотехнических систем, действующих в едином информационном пространстве и контуре управления (рисунок 1).

Основные принципы моделирования биотехнической системы, рассмотрим на примере отрасли растениеводства, зернового производства.

В рамках зернового производства можно выделить следующие крупные элементы системы:

1. Человек;
2. Машины и оборудование;

3. Растение;
4. Внешняя среда.

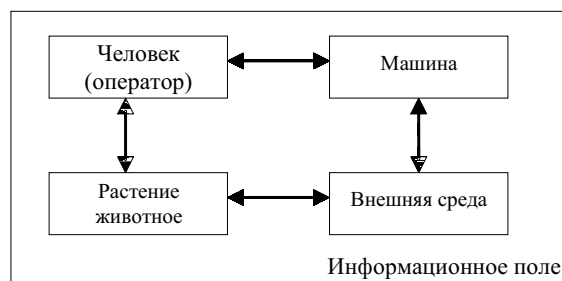


Рисунок 1. Модель биотехнической системы в АПК

Основные принципы моделирования сельскохозяйственного производства рассмотрим на примере отрасли зернового производства.

Доходная часть сельскохозяйственного производства находится в тесной взаимосвязи с урожайностью культуры и валовым сбором. В свою очередь урожайность зерновых, так же зависит от ряда факторов. В рамках проводимого эксперимента, мы логическим путем выделили факторы, которые потенциально могут оказывать влияние на результат, то есть на урожайность зерновых культур. Данные факторы, представлены ниже, а в таблице 1 содержатся значения факторов в динамике за ряд лет. Данные динамические ряды являются фактологической основой модели.

- 1)  $y$  – урожайность зерновых и зернобобовых культур ц/га
- 2)  $x_1$  – площади под зерновые, тыс. га
- 3)  $x_2$  – внешний мин. Ущерб (в пересчете на 100% питательных веществ), кг
- 4)  $x_3$  – площади обрабатываемых сельскохозяйственных культур летательными аппаратами;

5)  $x_4$  – рентабельность отрасли растениеводства, в %;

6)  $x_5$  – себестоимость 1 тонны реализуемого зерна, руб.

7)  $x_6$  – энергетические мощности сельскохозяйственных организаций, л.с. на 100 га посева.

Таблица 1. Значения факторов

Год	Y	$x_1$	$x_2$	$x_3$	$x_4$	$x_5$	$x_6$
2001	10,3	2908,9	3,2	610,0	34,7	2340,0	178
2002	10,4	2959,1	4,5	583,5	6,7	2480,0	163
2003	9,8	2517,3	3,9	274,9	41,3	2617,0	172
2004	8,1	2396,1	3,9	277,3	42,9	2710,0	165
2005	7,6	2208,9	5,4	208,2	13,1	2748,0	162
2006	8,3	2175,6	3,0	146,2	12,9	2938,0	151
2007	11,6	2095,1	6,4	116,6	40,6	3091,0	152
2008	12,8	2161,1	4,5	47,9	40,3	3606,0	140
2009	12,6	2216,6	5,2	26,4	25,2	3596,0	132

На первом этапе оцениваем взаимосвязь данных факторов с помощью расчета корреляционной матрицы (табл. 2).

Таблица 2. Корреляционная матрица

	y	$x_1$	$x_2$	$x_3$	$x_4$	$x_5$	$x_6$
y	1,000	-,088	,370	-,277	,318	,641	-,580
$x_1$	-,088	1,000	-,445	,957	-,187	-,746	,677
$x_2$	,370	-,445	1,000	-,424	,047	,421	-,420
$x_3$	-,277	,957	-,424	1,000	-,217	-,873	,800
$x_4$	,318	-,187	,047	-,217	1,000	,180	,084
$x_5$	,641	-,746	,421	-,873	,180	1,000	-,952
$x_6$	-,580	,677	-,420	,800	,084	-,952	1,000

По результатам расчета корреляционной матрицы можно сделать следующие выводы, во-первых, определить тесноту связи независимых и зависимой переменной и во-вторых, определить, какие факторы оказывают взаимное влияние друг на друга.

Так, урожайность сильно зависит от площади, выделенной под зерновые, однако данная связь имеет отрицательное направление. Если рассмотреть динамику показателей, то становится видно, что снижение посевных площадей привело к увеличению урожайности. Снижение количества техники не позволяет качественно осуществлять обработку посевных площадей и следить за их состоянием, поэтому изменения данного показателя вполне закономерно (если рассмотреть корреляционные зависимости факторов  $x_1$  и  $x_6$ ). Добиться увеличения урожайности можно путем внесения минеральных удобрений, однако, теснота связи между факторами низкая, таким образом мож-

но сказать, что минеральные удобрения могут, как увеличивать урожайность, так и не оказывать на ее увеличение никакого влияния в зависимости еще и от количества осадков, выпадающих в фазе роста растений.

Обработка сельскохозяйственных угодий (в том числе летательными аппаратами) так же имеет слабую связь с урожайности, тем более снижение отрицательный знак, что может говорить о том, что изменение урожайности происходит при слабом участии данного фактора ( $x_3$ ).

Урожайность зерновых культур, так же находится в слабой корреляционной связи с рентабельностью отрасли растениеводства. Таким образом, можно заключить, что изменения, происходившие в отрасли слабо повлияли на изменения урожайности зерновых, однако, учитывая, что связь прямая, то потенциально увеличение урожайности возможно, при увеличении рентабельности в отрасли.

Себестоимость тонны зерна, имеет прямую связь с показателем урожайности, по тесноте связи можно сказать, что она средняя, причем скорее первопричина здесь находится в себестоимости тонны продукции. Так увеличивая затраты на единицу площади, в потенциале можно получить более высокий урожай.

Энергетические мощности на 100 га посева, имеют обратную среднюю связь с показателем урожайности. Использование более современных технологий и техники, позволяет получать более высокие результаты в виде урожайности.

Что касается взаимозависимости факторов, то здесь их можно поделить на 6 групп: по типу связи (прямая, обратная) и по тесноте связи (слабая, средняя, сильная). В итоге проанализировав корреляционную матрицу можно получить направление и степень взаимовлияния факторов внутри модели.

Проведенный корреляционный анализ позволил установить тесноту и направления влияния факторов модели на результат.

На втором этапе, необходимо построить регрессионную модель, которая позволила бы получить адекватный прогноз изменения урожайности под влиянием различных других факторов.

С помощью метода наименьших квадратов, была построена регрессионная модель.

$$Y = 0,004x_1 + 0,483x_2 + 0,003x_3 + 0,037x_4 + 0,006x_5 + 0,001x_6 - 21,089 \quad (1)$$

Коэффициент детерминации по построенной модели равен 0,889. Стандартная ошибка оценки 1,28. Описательные статистики по данной модели представлены в таблицах 3, 4.

Таблица 3. Описательные статистики коэффициентов модели

Модель		Нестандартизованные коэффициенты		t	Знч.
		B	Стд. ошибка		
1	Константа	-21,089	50,233	-,420	,715
	x <sub>1</sub>	,004	,006	,677	,568
	x <sub>2</sub>	,483	,484	,999	,423
	x <sub>3</sub>	,003	,013	,246	,828
	x <sub>4</sub>	,037	,061	,607	,606
	x <sub>5</sub>	,006	,007	,794	,510
	x <sub>6</sub>	,001	,195	,004	,997

Таблица 4. Описательные статистики переменных

	Для среднего	Стд. отклонение
y	10,1667	1,91898
x <sub>1</sub>	2404,3000	327,05647
x <sub>2</sub>	4,4444	1,09214
x <sub>3</sub>	254,5556	213,06084
x <sub>4</sub>	28,6333	14,41258
x <sub>5</sub>	2902,8889	454,14685
x <sub>6</sub>	157,2222	14,85579

Полученная модель была проверена на адекватность получаемых результатов (табл. 5, рис. 2).

Предикативные характеристики модели удовлетворяют заданному уровню точности (Суммарная ошибка <15%), в связи с этим можно заключить, что данная модель пригодна для практических расчетов при прогнозировании урожайности с учетом обработки посевов летательными аппаратами

Нами было выявлено, что решение вопросов повышения эффективности отрасли растениеводства на основе повышения урожайности

сельскохозяйственных культур с учетом широкого применения летательных аппаратов для борьбы с болезнями и вредителями зависит от достаточно большой совокупности факторов. Влияние каждого из них далеко не равнозначно. Степень участия каждого из них в обосновании приоритетных направлений повышения урожайности сельскохозяйственных культур диктует необходимость моделирования (прогнозирования) различных ситуаций. Исходные данные представлены в таблице 6.

В таблице приведены исходные данные для моделирования зависимости объемов производства зерна в весе после доработки от различных факторов. Первым этапом анализа является проверка корреляции факторов участвующих в модели. Для этого строим корреляционную матрицу. Результаты ее построения представлены в таблице 7.

Полученная, с помощью метода наименьших квадратов, линейная модель позволяет с высокой точностью описать закономерности влияния перечисленных факторов (x<sub>i</sub>) на результат (y) (табл. 8).

Таблица 8. Коэффициенты при неизвестных в модели

Модель		Нестандартизованные коэффициенты	
		B	Стд. Ошибка
	(Константа)	-126256,548	,000
	x <sub>1</sub>	6,190	,000
	x <sub>3</sub>	-9,665	,000
	x <sub>4</sub>	58,597	,000
	x <sub>5</sub>	-31,524	,000
	x <sub>6</sub>	-1524,917	,000
	x <sub>7</sub>	-7,628	,000
	x <sub>8</sub>	2514,614	,000
	x <sub>9</sub>	11,787	,000

Таблица 5. Ошибки модели

	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	Суммарная ошибка
Исходные данные	10,3	10,4	9,8	8,1	7,6	8,3	11,6	12,8	12,6	
Расчетные данные	9,9	10,5	9,2	9,6	7,9	7,9	11,0	12,7	12,8	
Относительная ошибка модели, %	0,04	0,01	0,07	0,19	0,04	0,05	0,05	0,01	0,02	5%
Абсолютная ошибка модели, ц/га	0,4	0,1	0,7	1,5	0,3	0,4	0,6	0,1	0,2	0,5

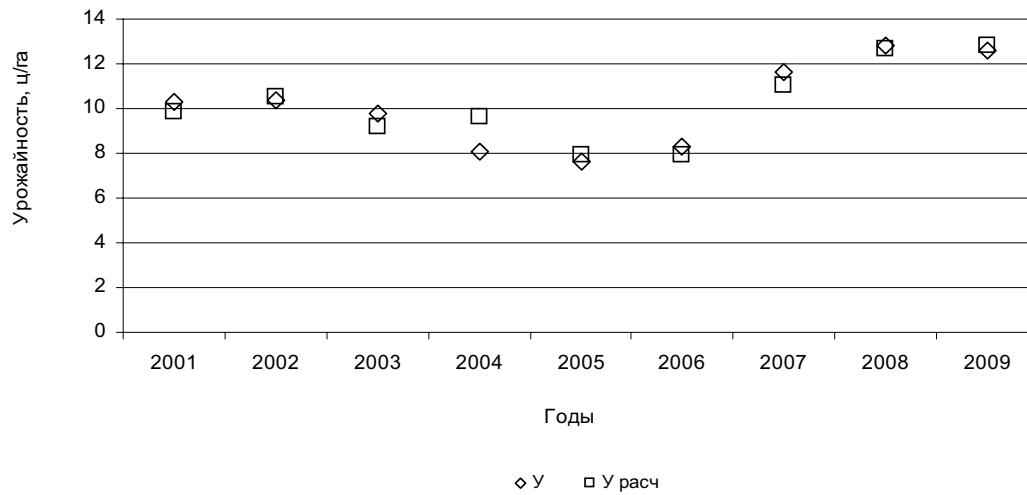


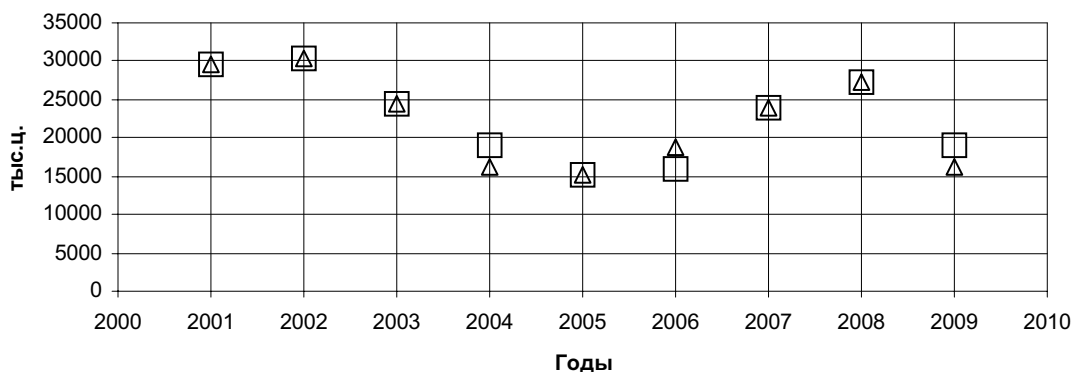
Рисунок 2. Исходные и расчетные значения модели

Таблица 6. Исходные данные

Года	Производство зерна (в весе после доработки), тыс. ц.	Инвестиции млн. руб.	Энергетич. мощность на 100 га посева л.с.	Себестоимость 1 т реализованного зерна, руб.	Уровень рентабельности, %	Затраты труда чел. на 1 га посевов	Внесение минер. удобрений на 1 га зерновых	Посевные площади тыс. га	Доля зерновых в структуре посевов, %	Обработка авиационным методом
	У	X <sub>1</sub>	X <sub>2</sub>	X <sub>3</sub>	X <sub>4</sub>	X <sub>5</sub>	X <sub>6</sub>	X <sub>7</sub>	X <sub>8</sub>	X <sub>9</sub>
2001	29685,4	389,0	178	1600	34,7	10,5	1,0	2908,9	73,1	610,0
2002	30493,3	458,4	163	1420	6,7	11,0	2,0	2959,0	74,1	583,5
2003	24428,0	688,0	172	1640	41,3	116	1,2	2517,3	72,1	274,9
2004	18996,2	919,2	165	2360	42,9	12,0	1,5	2396,1	70,6	277,3
2005	15274,7	1853,9	162	2720	13,1	12,1	2,4	2208,9	69,2	208,3
2006	15829,3	2178,8	151	2938	11,4	10,4	1,3	2175,6	69,0	146,2
2007	23888,0	2797,9	152	3091	36,3	10,2	4,3	2095,1	72,4	116,6
2008	27282,2	4428,6	140	3606	42,0	9,3	5,3	2161,1	72,7	47,86
2009	19054,9	3303,0	132	3596	17,9	9,5	6,3	2216,6	73,6	26,36

Таблица 7. Корреляционная матрица

	Y	X <sub>1</sub>	X <sub>2</sub>	X <sub>3</sub>	X <sub>4</sub>	X <sub>5</sub>	X <sub>6</sub>	X <sub>7</sub>	X <sub>8</sub>	X <sub>9</sub>	
Корреляция Пирсона	Y	1,000	-,219	,294	-,478	,271	,099	-,033	,685	,807	,593
	X <sub>1</sub>	-,219	1,000	-,896	,947	,087	-,336	,860	-,783	,010	-,851
	X <sub>2</sub>	,294	-,896	1,000	-,897	,188	,390	-,883	,677	-,107	,800
	X <sub>3</sub>	-,478	,947	-,897	1,000	,025	-,418	,805	-,881	-,179	-,911
	X <sub>4</sub>	,271	,087	,188	,025	1,000	,348	,031	-,114	,140	-,129
	X <sub>5</sub>	,099	-,336	,390	-,418	,348	1,000	-,323	,136	,033	,047
	X <sub>6</sub>	-,033	,860	-,883	,805	,031	-,323	1,000	-,547	,395	-,684
	X <sub>7</sub>	,685	-,783	,677	-,881	-,114	,136	-,547	1,000	,491	,957
	X <sub>8</sub>	,807	,010	-,107	-,179	,140	,033	,395	,491	1,000	,298
	X <sub>9</sub>	,593	-,851	,800	-,911	-,129	,047	-,684	,957	,298	1,000



Δ у □ у расч

Рисунок 3. Значения рядов: исходного и модельного

Соответственно модель имеет вид:

$$Y = 6,190x_1 - 9,665x_2 + 58,597x_4 - 31,524x_5 - 1524,917x_6 - 7,628x_7 + 2514,614x_8 + 11,787x_9 - 126256,548 \quad (2)$$

Коэффициент детерминации данной ( $R^2$ ) модели равен 0,99.

Из полученной модели был исключен фактор описывающий значение энергетического фактора в модели, так как он не оказывает влияние на результат.

Повышающее влияние на результат оказывают факторы:  $x_1, x_4, x_8, x_9$ .

Увеличение объема инвестиций на гектар посевов, безусловно, при всех равных условиях позволит получить более высокий выход продукции. Большой объем инвестиций позволяет приобретать более совершенные посевные материалы и более эффективно осуществлять агротехнический процесс.

Уровень рентабельности производства сельскохозяйственной культуры так же позволяет получать больший выход на единицу площади.

Увеличение доли зерновых в структуре посевов позволяет увеличить выход продукции. Использование одинаковых технологий на большой площади позволяет добиться более высоких результатов по получению количества продукции.

Использование авиации позволяет эффективно бороться с болезнями и вредителями сельскохозяйственных культур, соответственно, данный фактор так же оказывает повышающее значение на результат.

Понижающее влияние оказывают на результат следующие факторы:  $x_3, x_5, x_6, x_7$ .

Увеличение себестоимости и затрат человеческого труда на единицу площади ( $x_3, x_5$ ) оказывает негативное влияние на количество получаемой продукции. Так как не всегда повышение себестоимости и количества человеческого труда ведет к увеличению выхода готовой продукции. Хотя такая зависимость имеется между затратами человеческого труда и себестоимостью продукции.

Факторы ( $x_6, x_7$ ) так же оказывают понижающее влияние на результат. Рассматривая фактор – количество минеральных удобрений на гектар посевов можно заключить, что существует экстремальная зависимость между количеством удобрений и валовой продукцией. Таким образом, увеличение количества минеральных удобрений не всегда ведет к повышению валового сбора продукции. Данный фактор необходимо более детально исследовать в рамках не линейной зависимости.

Увеличение площади не всегда является положительным фактором выхода валовой продукции. Данный фактор так же является экстремальным, т.е. имеет локальный максимум соответствующий максимальной эффективности.

Таким образом, построенные регрессионные модели подтверждают прогнозируемые величины производства и урожайности зерновых культур.

10.10.2011

**Список литературы:**

1. Базаров М.К., Огородников, П.И. *max информации при min сложности методов количественного анализа (пособие начинающему исследователю)*. /П.И. Огородников // Екатеринбург: Институт экономики УрО РАН, 2008. – 357 с.
2. Огородников, П.И. *Научно-технический прогресс – основа эффективной реализации инновационных проектов в АПК: монография* / П.И. Огородников; отв. ред. А.И. Татаркин. – Екатеринбург: Институт экономики УрО РАН, 2009. – 228 с.

Сведения об авторах:

**Огородников Петр Иванович**, директор Оренбургского филиала Учреждения Российской академии наук Института экономики УрО РАН, доктор технических наук, профессор, заслуженный работник Высшей школы РФ, академик Международной академии информатизации

**Усик Владимир Викторович**, научный сотрудник Оренбургского филиала Учреждения Российской академии наук Института экономики УрО РАН, соискатель

460000, г. Оренбург, ул. Пионерская, 11, тел. (3532) 772226, e-mail: ofguieuroran@mail.ru

UDC 632.982.4

**Ogorodnikov P.I., Usik V.V.**

E-mail: ofguieuroran@mail.ru

**PREDICTION OF PRODUCTION AND YIELD OF GRAINS THROUGH REGRESSION MODELS**

Agricultural production is the most complicated object from the point of view of modeling of industrial-technological processes. Complexity of modeling consists in likelihood character of the majority of the factors forming models. In article are presented regression models adequately describing studied process both allowing to predict manufacture and productivity of grain crops.

Key words: productivity, total gathering, mathematical model, the regress equation, factors of pair, plural correlation.

**Bibliography:**

1. Bazarov M.K., Ogorodnikov P.I. *Information for min max methods of quantitative analysis (novice researcher grant)* / P.I. Ogorodnikov. – Ekaterinburg: Ural Branch of RAS Institute of Economics, 2008. – 357 p.
2. Ogorodnikov, P. *Scientific and technological progress - the basis of the effective implementation of innovative projects in the agricultural sector: monograph* / P.I. Ogorodnikov, отв.ред. А. Татаркин. – Ekaterinburg: Ural Branch of RAS Institute of Economics, 2009. – 228 p.