

МОДЕЛИРОВАНИЕ ОПТИМАЛЬНОЙ СТРУКТУРЫ ПРОИЗВОДСТВА СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ОРГАНИЗАЦИИ В УСЛОВИЯХ ПОГОДНОГО РИСКА

© 2010 В.В. Носов*

Ключевые слова: сельское хозяйство, природные условия, структура производства.

Рассмотрено применение моделей линейного программирования и теории игр в системе управления сельскохозяйственной организацией в условиях погодного риска.

Как известно, сельское хозяйство представлено двумя крупными производствами - растениеводством и животноводством, между которыми существует постоянная взаимосвязь, взаимозависимость. Еще русский ученый профессор А.И. Скворцов писал, что "каждое земледельческое хозяйство представляет организм, все части которого находятся между собой в определенной связи, в постоянном взаимодействии, и для правильного функционирования этого организма органы его, - которым в данном случае отвечают отрасли хозяйства, - должны находиться в определенном сочетании"¹. Определенное сочетание в данных условиях различных отраслей образует структуру сельскохозяйственного производства.

Каждая отрасль растениеводства и животноводства для своего успешного развития предъявляет к условиям производства вполне определенные требования. И наоборот, наличие и сочетание конкретных условий создают возможность и целесообразность развития лишь соответствующих им сельскохозяйственных производств.

Современное сельское хозяйство - благоприятная отрасль для эффективного применения экономико-математических методов и моделей, на основе которых можно составить ряд задач с характерными для оптимизации признаками: множество вариантов решения и свобода выбора, ограниченность ресурсов, оценка эффективности.

Академик А.А. Никонов в фундаментальной монографии, посвященной истории аграрной науки, так сказал о применении методов экономико-математического моделирования. "В условиях рыночных отношений, когда повышается роль любого хозяйствующего субъекта в принятии экономических и управленческих решений - определении перспектив развития, структуры производства - расширяются возможности использования в практике экономико-математических методов. Это научное направление будет востребовано самой жизнью"².

Разработка оптимальных моделей направлена на повышение эффективности производства посредством балансовой увязки внутри сельскохозяйственного предприятия между его производственными ресурсами и объемами производства и реализации продукции, между отраслями, отдельными сельскохозяйственными культурами и группами животных.

Под оптимальной производственной структурой сельскохозяйственного предприятия следует понимать такие количественные соотношения между отраслями, которые, обеспечивая выполнение договорных обязательств по продаже продукции, позволяют наиболее полно и эффективно использовать наличные и дополнительно вовлекаемые производственные ресурсы и получить наивысший экономический эффект.

Наиболее полный и обоснованный учет специфических особенностей сельскохозяйственного производства является исходной точкой при разработке экономико-математических оптимизационных моделей.

Во многих случаях на уровень производства в сельском хозяйстве за каждый конкретный год оказывают влияние складывающиеся метеорологические условия данного года, представляющие собой комбинацию из погодных условий производства по отдельным решающим периодам сельскохозяйственного или календарного года. Количественная характеристика проявления погодных ус-

* Носов Владимир Владимирович, доктор экономических наук, профессор Саратовского государственного социально-экономического университета. E-mail: savmary@yandex.ru.

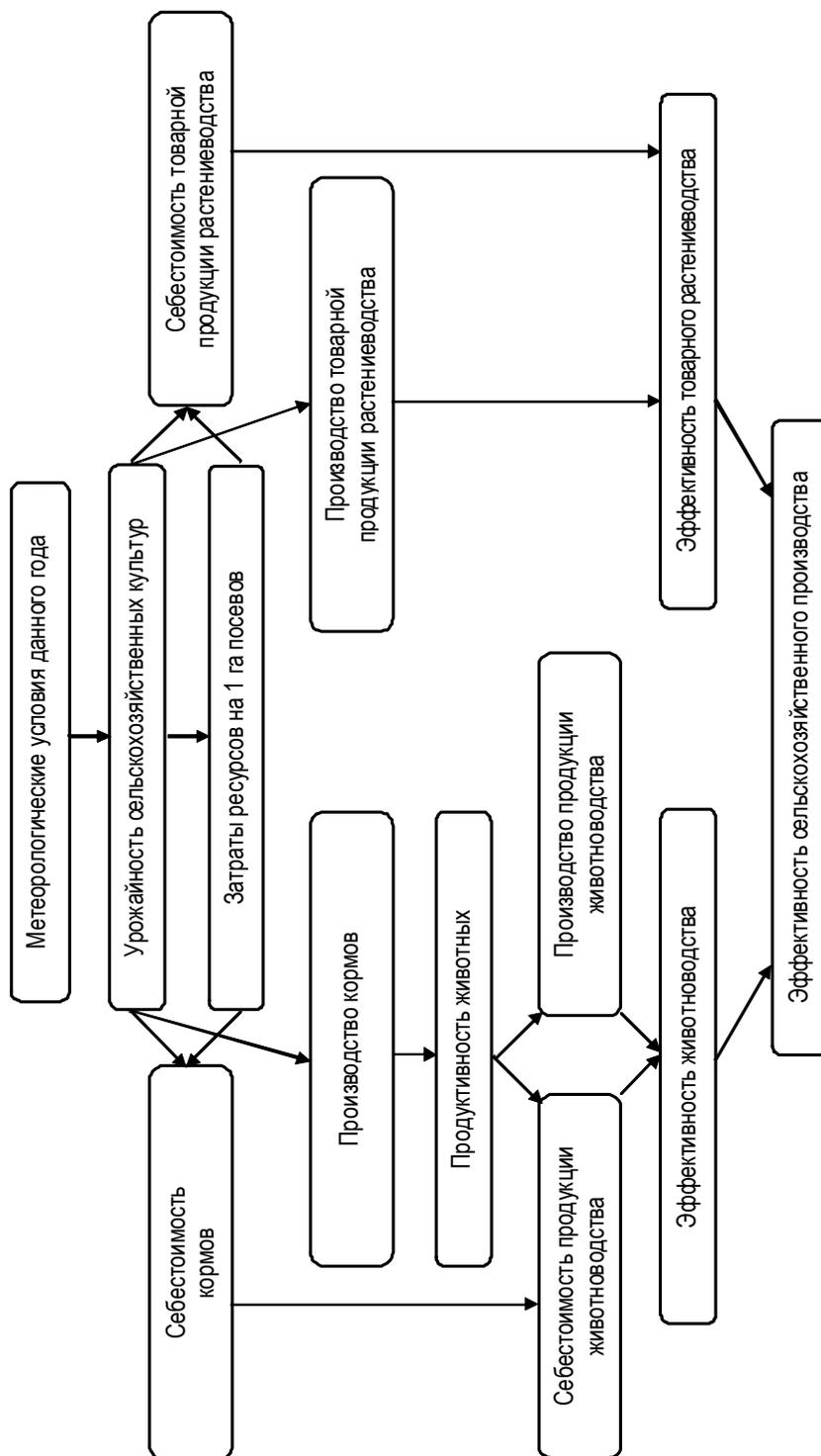


Рис. 1. Влияние метеорологических условий на эффективность сельскохозяйственного производства

ловий в конкретном году включает в себя показатели накопления влаги в почве, температурные условия ранней весны, осадки, увлажнение почв, температуры весенне-летнего сезона, периода формирования урожая и его уборки и др.

Условия производства сельскохозяйственной продукции можно разделить на три группы:

- ◆ нормальные, когда средние многолетние значения погодных факторов позволяют получать средний урожай;
- ◆ благоприятные - способствуют получению высокого урожая;
- ◆ неблагоприятные - приводят к низким урожаям.

В различные по природно-климатическим условиям годы из-за неодинаковой урожайности по-разному используются сельскохозяйственные угодья и продукция. В зависимости от уровня урожайности культур и продуктивности скота изменяется соотношение затрат ресурсов на 1 га посевов и на голову животных и выхода продукции. При более высокой урожайности культур, как правило, выше материально-денежные затраты средств и труда на 1 га посевов (рис. 1).

Снижение уровня урожайности в неблагоприятные по метеорологическим условиям годы приводит к нарушению балансов сельскохозяйственной продукции, что в итоге ухудшает экономические показатели функционирования предприятий. В результате изменений природных условий по годам значительно изменяются объемы валовой и товарной продукции и, как следствие этого, размеры прибыли.

Поэтому в хозяйствах нельзя чисто механически подходить к решению оптимизационных моделей, а следует учитывать как экономическую ситуацию, так и природные условия конкретного года.

Воздействие природных факторов обуславливает необходимость разработки в хозяйствах различных оптимальных вариантов моделей производственной структуры, с учетом прогноза урожайности на предстоящий год, исходя из степени благоприятности погодных условий - для условий неблагоприятных, средних и благоприятных.

Алгоритм выделения исходов природных условий производства представлен на рис. 2.

При выделении исходов нужно учитывать, что погодные условия, благоприятные для

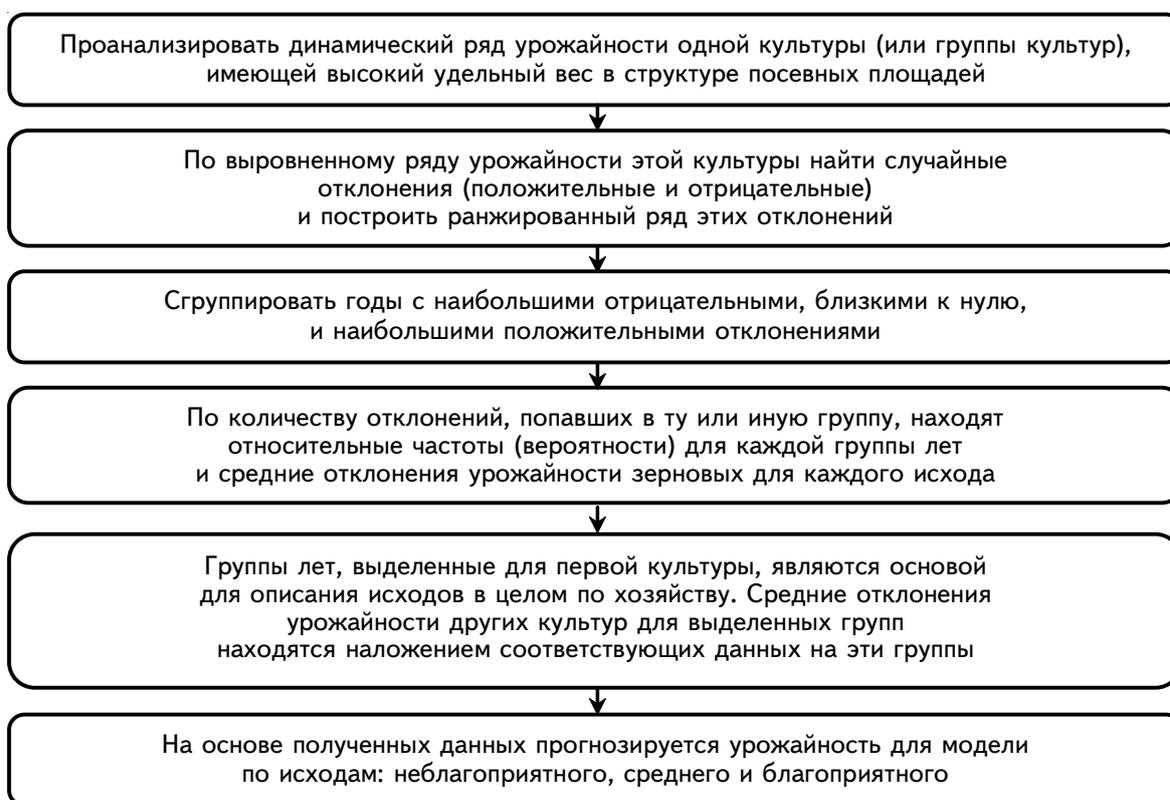


Рис. 2. Выделение исходов природных условий производства

Таблица 1

Матрица парных коэффициентов корреляции отклонений от тренда урожайности сельскохозяйственных культур по Саратовской области за 1966-2007 гг.

Культуры	Озимая пшеница	Озимая рожь	Яровая пшеница	Яровой ячмень	Овес	Просо	Кукуруза на зерно	Подсолнечник	Многолетние травы на сено	Многолетние травы на зеленую массу	Однолетние травы на сено	Однолетние травы на зеленую массу	Кукуруза на силос
Озимая пшеница	1,0000												
Озимая рожь	0,9042	1,0000											
Яровая пшеница	0,6765	0,6386	1,0000										
Яровой ячмень	0,7137	0,7416	0,9255	1,0000									
Овес	0,6884	0,6807	0,9138	0,9208	1,0000								
Просо	0,4975	0,4340	0,7098	0,6449	0,7214	1,0000							
Кукуруза на зерно	0,2877	0,2163	0,6390	0,4987	0,4797	0,5932	1,0000						
Подсолнечник	0,2575	0,1724	0,4162	0,3486	0,4161	0,6094	0,3678	1,0000					
Многолетние травы на сено	0,2694	0,2461	0,0762	0,1448	0,0484	0,3579	0,1701	-0,1446	1,0000				
Многолетние травы на зеленую массу	0,2718	0,2436	0,1125	0,1572	0,0709	0,2950	0,1771	-0,1429	0,9528	1,0000			
Однолетние травы на сено	0,4484	0,4111	0,4438	0,4806	0,4322	0,6311	0,4196	0,0987	0,8259	0,7889	1,0000		
Однолетние травы на зеленую массу	0,4159	0,3731	0,4231	0,4418	0,4057	0,6443	0,4299	0,0732	0,8610	0,8510	0,9631	1,0000	
Кукуруза на силос	0,2899	0,2222	0,3697	0,3490	0,3555	0,7977	0,4096	0,4199	0,7123	0,6757	0,7381	0,7941	1,0000

одной культуры, могут быть также благоприятными и для другой, т.е. связь в данном случае положительная; в то же время те же самые погодные условия приводят нередко к снижению урожайности третьей культуры (отрицательная связь). Коэффициенты парной корреляции отклонений урожайности отдельных культур от тренда имеют положительный знак (табл. 1). Это говорит о том, что экстремальные погодные условия качественно одинаково влияют на урожайность всех сельскохозяйственных культур.

Вся разработанная информация сведена в развернутые числовые экономико-математические модели в разрезе возможных исходов природных условий. Все требования задачи сформулированы в виде линейных уравнений и неравенств. В качестве критерия оптимальности принят максимум суммы прибыли:

$$Z = \sum_{j \in N} c_j x_j - \bar{x}_j \rightarrow \max.$$

В результате решения задачи определены оптимальные размеры посевных площадей сельскохозяйственных культур и поголовье животных, объемы производства по видам продукции и продаж, затраты, прибыль и рентабельность сельскохозяйственного производства.

Так как всю совокупность оптимальных вариантов производственной структуры хозяйства для отдельных погодных ситуаций реализовать в принципе невозможно, следовательно, необходимо найти такое решение, которое было бы сразу для всех возможных ситуаций наилучшим, т.е. приспособленным ко всей совокупности возможных погодных ситуаций, с позиции максимального среднего ожидаемого эффекта. При этом следует заметить, что оптимизация в среднем не исключает риска получения незапланированного результата.

В подобной постановке задачи выбор оптимального варианта может быть осуществлен известными методами теории игр ("игра с природой") для принятия решения в условиях частичной неопределенности³.

Рассмотрим игровую ситуацию, где одной из сторон выступает сельскохозяйственное предприятие, заинтересованное в том, чтобы получить наибольший доход, а с другой стороны - природа, способная навредить

сельскохозяйственному предприятию и как бы преследующая тем самым противоположные цели. При этом второй игрок (природа) действует незлонамеренно, совершенно случайно, возможные стратегии его известны.

Налицо антагонистический конфликт, в котором у сельскохозяйственного предприятия три стратегии: оптимальная структура производства для неблагоприятных погодных условий (A_1); оптимальная структура производства для средних погодных условий (A_2); оптимальная структура производства для благоприятных погодных условий (A_3).

У природы также три стратегии - три варианта природно-климатических условий: неблагоприятные (Π_1), средние (Π_2) и благоприятные (Π_3), с известными вероятностями их проявления p_j .

С помощью табличных процессоров были рассчитаны варианты, включая оптимальные, возможных сочетаний природно-климатических условий соответствующих трем вариантам оптимальной производственной структуры, и определили выигрыш игрока 1 (сельскохозяйственное предприятие) a_{ij} , $i = \overline{1,3}$, $j = \overline{1,3}$, который получает игрок 1 при выборе стратегии A_j для каждого состояния природы Π_j .

В этом случае $\sum_{j=1}^3 p_j = 1$ и можно найти

величину математического ожидания выигрыша, для каждой стратегии A_j :

$$M_i = \sum_{j=1}^3 p_j a_{ij}.$$

Оптимальной будет считаться та стратегия, для которой эта величина принимает максимальное значение:

$$M^* = \max M_j.$$

Ожидаемые величины прибыли a_{ij} вместе с вероятностями их получения p_j представим в виде матрицы (табл. 2). Показатели

Таблица 2

Матрица оптимизации производственного направления

Погодные условия	Вероятность наступления	Варианты производственной структуры (стратегия)		
		A_1	A_2	A_3
Неблагоприятные	0,4	-168,3	-330,88	-448,28
Средние	0,5	1170,62	1981,89	1247,49
Благоприятные	0,1	2201,07	3537,47	4011,05

заштрихованной диагонали соответствуют оптимальным вариантам для соответствующих природных условий.

Для выбора наиболее оптимального производственной структуры сначала находим для каждого ее варианта математическое ожидание выигрыша:

$$M(A_1) = -168,3 \cdot 0,4 + 1170,62 \cdot 0,5 + 2201,07 \cdot 0,1 = 738,097 \text{ тыс. руб.},$$

$$M(A_2) = -330,88 \cdot 0,4 + 1981,89 \cdot 0,5 + 3537,47 \cdot 0,1 = 1212,34 \text{ тыс. руб.},$$

$$M(A_3) = -448,28 \cdot 0,4 + 1247,49 \cdot 0,5 + 4011,05 \cdot 0,15 = 845,538 \text{ тыс. руб.},$$

а затем определяем максимальное значение этого показателя, который и указывает на оптимальное решение:

$$M^* = \max M(A_i) = M(A_2) = 1212,34 \text{ тыс. руб.}$$

При исследовании "игры с природой" необходимо определить насколько то или иное состояние погодных условий повлияет на исход. Для этого цели используем показатель риска r_{ij} , который определяется как разность между максимально возможным выигрышем β_j при данном состоянии погодных условий P_j и выигрышем a_{ij} при выбранной стратегии A_i :

$$r_{ij} = \beta_j - a_{ij},$$

где $\beta_j = \max a_{ij}$, т.е. максимальное число в столбце погодные условия P_j .

Для решения задачи можно пользоваться значениями среднего риска:

$$\bar{r}_i = \sum_{j=1}^3 r_{ij} p_{ij}.$$

Оптимальным в этом случае будет та стратегия, для которой средний риск будет минимальным:

$$r_i^* = \min \bar{r}_i.$$

Пользуясь этими положениями, найдем все значения β_j и построим матрицу рисков (табл. 3).

Для каждого оптимального плана находим средний риск:

$$\begin{aligned} \bar{r}(A_1) &= 0 \cdot 0,4 + 810,38 \cdot 0,5 + 1809,98 \cdot 0,1 = \\ &= 568,188 \text{ тыс. руб.}, \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \bar{r}(A_2) &= 162,58 \cdot 0,4 + 0 \cdot 0,5 + 473,58 \cdot 0,1 = \\ &= 112,39 \text{ тыс. руб.}, \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \bar{r}(A_3) &= 279,98 \cdot 0,4 + 734,4 \cdot 0,5 + 0 \cdot 0,1 = \\ &= 479,192 \text{ тыс. руб.} \end{aligned}$$

Полученные результаты показывают, что в долгосрочной перспективе использование производственной структуры, соответствующей варианту для средних природных условий (второму варианту), позволит хозяйству

Таблица 3

Матрица риска производственного направления

Погодные условия	Вероятность наступления	Варианты производственной структуры (стратегия)		
		A_1	A_2	A_3
Неблагоприятные	0,4	0	162,58	279,98
Средние	0,5	810,38	0	734,4
Благоприятные	0,1	1809,98	473,58	0

получать прибыль в размере 1212,34 тыс. руб. В случае неблагоприятного влияния факторов природной среды величина потерь при использовании данного варианта производственной структуры будет минимальной и составит 112,39 тыс. руб.

Таким образом, многовариантный прогноз помогает оптимизировать управление в экономических структурах, обеспечивать их развитие в условиях изменчивости природных условий.

¹ *Скворцов А.И.* Основы экономики земледелия. Ч. 1. Факторы земледельческого хозяйства. Л., 1925. С. 18.

² *Никонов А.А.* Спираль многовековой драмы: аграрная наука и политика России (XVIII-XX вв.). М., 1995.

³ *Фомин Г.П.* Математические методы и модели в коммерческой деятельности: учебник. М., 2001; *Шикин Е.В., Чхатишвили А.Г.* Математические методы и модели в управлении: учеб. пособие. М., 2000.

Поступила в редакцию 25.11.2009 г.