УДК 519.866:338:63

СТОХАСТИЧЕСКИЕ ОБЪЕКТИВНО-ОБУСЛОВЛЕННЫЕ ОЦЕНКИ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ФАКТОРОВ
(на примере сельскохозяйственного производства)

В.А.Кардаш

Двойственные задачи стохастического программирования рассматривались в ряде работ, в основном математического плана [I-4]. Исследованию общих свойств оптимальных двойственных оценок в некоторых задачах стохастического программирования посвящена работа [5]. В [4], вероятно, впервые даны систематические сведения из теории двойственности в стохастической версии, рассмотрены аналогии с двойственностью в детерминированном варианте и отмечены некоторые особенности в интерпретации стохастических оценок по сравнению с детерминированными двойственными оценками. Однако производственно-экономический аспект соотношений двойственности и содержательный смысл двойственных оценок факторов в случайных производственных ситуациях на конкретных моделях изучались еще сравнительно мало.

В [6,7] на основе решений стохастических задач ирригации излагалась идея построения хозрасчетного механизма в орошении с применением стохастических оценок водных ресурсов; высказывалась целесообразность дотаций к ценам продукции, получаемой в засушливые годы хозяйствами зоны рискованного земледелия. В [8] предлагалось использовать стохастические оценки факторов сельскохозяйственного производства для выделения влияния погоды на урожайность культур и продуктивность скота с целью объективной оценки результатов трудовых усилий коллективов и отдельных работников.

Уже на основе этих попыток конструктивного использования стохастических оценок можно заключить, что учет случайных производственных ситуаций и связанных с ними вариаций степени дефицитности факторов затрагивает сами принципы построения и функционирования экономического механизма управления на базе оценок оптимального плана.

Вопросы использования именно стохастических объективно-обусловленных оценок для построения экономических рычагов управления особенно актуальны для отраслей сельского хозяйства и тесно связанных с ним отраслей АПК, для которых детерминистический подход в оптимизации приводит к слишком грубым аппроксимациям реальных процессов из-за сильного влияния случайных погодных факторов [7].

В настоящей статье рассматриваются задачи, двойственные к задаче, описанной в [7,9] и относящейся по содержанию к двухэтапным стохастическим задачам линейного программирования. Однако специфика структуры решения позволяет формально свести ее к одноэтапной задаче линейного программирования. Соответствующие пары двойственных задач легко решаются, что позволяет получать, в частности, системы дискретно распределенных стохастических оценок. Отмечаются некоторые конкретные свойства таких оценок. Дается сельскохозяйственная интерпретация решений пары двойственных задач. Излагаются некоторые методические схемы применения стохастических оценок в анализе сельскохозяйственного производства и построении гибкого экономического механизма управления.

I. Двойственные стохастические задачи линейного программирования с условиями инвариантности

В [6,7] рассматривался класс экономико-математических моделей, в которых представляется полная совокупность дискретных реализаций случайных производственных ситуаций - исходов условий и результатов производства - и предусматривается двухэтапная схема принятия управляющих решений. Специфика этого класса моделей состоит в том, что искомые параметры априорного решения, принимаемого до реализации случайной ситуации, выражаются явной аналитической зависимостью через искомые параметры апостериорных решений, зависящих от реализовавшейся ситуации. Детерминированный характер априорного решения обеспечивается заданием условий его инвариантности относительно реализаций случайных ситуаций. Такие предположения имеют реальную основу исходя из конкретных свойств моделируемых производственных процессов [9].

Модели этого класса приводятся к обычным задачам линейного программирования, если априорные параметры представимы в виде линейной комбинации апостериорных параметров решений:

$$x_{\nu k}=\sum_{l=1}^{n_k^\nu} a_{\nu l}^k y_{\nu l}^k,\ k=\overline{1,m},\ \nu=\overline{1,N}, \tag{I}$$

где $x_{\nu k}$ - k-я компонента m-мерного вектор-столбца $X^{(\nu)}$, описывающего априорное решение; $y_{\nu l}^k$ - компонента n-мерного вектор-столбца Y_ν, описывающего апостериорное решение в ситуации ν из N возможных ситуаций; l - номер апостериорного решения, применяемого в ситуации ν с интенсивностью $y_{\nu l}^k$ в рамках k-го априорного решения, применяемого с интенсивностью $x_{\nu k}$; n_k^ν - число апостериорных решений, которые допускаются в рамках k-го априорного решения в ситуации ν.

В случае зависимости (I) вектор априорных решений X называем с т р а т е г и е й, а совокупность апостериорных решений $\{Y_\nu\}, \nu=\overline{1,N}$, - т а к т и к о й, определяемой рамками стратегии.

Если допустить, что интенсивности применения стратегических и тактических решений являются величинами, имеющими одинаковые физические размерности, то это означает, что все $a_{\nu l}^k=1$, и условие (I) упрощается. Имея в виду в дальнейшем именно этот случай, запишем (I) в виде:

$$X^{(\nu)}=E^{(\nu)}Y_\nu,\ \nu=\overline{1,N}, \tag{I'}$$

где

$$E^{(\nu)}=\begin{pmatrix} 1\ 1\ldots1\ 0\ 0\ldots0\ldots0\ 0\ldots0\\ 0\ 0\ldots0\ 1\ 1\ldots1\ldots0\ 0\ldots0\\ \ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\\ 0\ 0\ldots0\ 0\ 0\ldots0\ldots1\ 1\ldots1 \end{pmatrix}$$

Матрица $E^{(\nu)}$ размерности $m\times n$ в каждой k-й строке имеет n_k^ν единиц, остальные элементы нулевые. Всюду в дальнейшем для упрощения записи будем предполагать, что $n_k^\nu=n_k,\ \nu=\overline{1,N}$, $k=\overline{1,m}$, т.е. матрица $E^{(\nu)}=E$ для всех ν одна и та же.

Очевидно, что условия инвариантности стратегического решения относительно ситуаций будут представимы в виде:

$$X^{(\nu)}=X^{(\nu+1)}=X,\ \nu=\overline{1,N-1}, \text{ или } X=EY_\nu,\ \nu=\overline{1,N}. \quad (2)$$

Пусть $C, \tilde{C}$ – вектор-строки соответственно размерности m и n с ограниченными случайными компонентами; Q – набор ограниченных случайных параметров, в частности, Q может быть матрицей из случайных величин. Предполагается известным совокупное распределение вероятностей случайного набора параметров $(C,\tilde{C},Q)$. X – искомый детерминированный вектор интенсивностей априорных решений размерности m; $Y(\tilde{C},Q)$ – искомый вектор интенсивностей апостериорных решений размерности n; G_1 – выпуклая замкнутая ограниченная область допустимых значений вектора X ; $G_2(X,Q)$ – выпуклая замкнутая ограниченная область при любом X из G_1 и любом Q. В этих обозначениях можно выписать следующую двухэтапную стохастическую задачу:

$$\max_{X\in G_1}[(MC,X)+M\max_{Y\in G_2(X,Q)}(\tilde{C},Y)], \quad (3)$$

M – символ математического ожидания.

УТВЕРЖДЕНИЕ I. Если в задачу (3) ввести дополнительное условие инвариантности типа

$$X=EY(\tilde{C},Q) \quad \forall(\tilde{C},Q), \quad (4)$$

то решение задачи (3) можно свести к одноэтапной задаче нахождения системы оптимальных векторов $Y^*(\tilde{C},Q)\ \forall(\tilde{C},Q)$, при этом $X^*=EY^*(\tilde{C}',Q')$, где $(\tilde{C}',Q')$ – какая-либо реализация $(\tilde{C},Q)$.

В самом деле,

$$\max_{X\in G_1}[MC,X)+M\max_{\substack{Y\in G_2(X,Q),\\ EY(\tilde{C},Q)=X\,\forall(\tilde{C},Q)}}(\tilde{C},Y)=\max_{\substack{X\in G_1,\,Y\in G_2(X,Q)\\ EY(\tilde{C},Q)=X\,\forall(\tilde{C},Q)}}M[(C,X)+(\tilde{C},Y)]=$$

$$=\max_{Y\in G_0^E\cap G_2^E(Q)}M[(CE,Y)+(\tilde{C},Y)]=\max_{Y\in G_3(Q)}M(CE+\tilde{C},Y).$$

Здесь $G_0^E=\{Y:\forall(\tilde{C}',Q')$ и $(\tilde{C}'',Q'')\ EY(\tilde{C}',Q')=EY(\tilde{C}'',Q'')\in G_1\}$; $G_2^E(Q)=\{Y: Y\in Y_2(EY,Q)\}$; $G_3(Q)=G_0^E\cap G_2^E(Q)$.

Рассмотрим задачу линейного программирования:

$$
\left.\begin{array}{l}
1)\ \max\limits_{(X,\{y_\nu\}_{\nu=1}^{N})} \left[(C_0,X)+\sum\limits_{\nu=1}^{N} p_\nu (C_\nu, y_\nu)\right],\\
2)\ A_0^\nu X + A_\nu y_\nu \le B_\nu,\quad \nu=\overline{1,N},\\
3)\ -I_m X + E y_\nu = 0,\quad \nu=\overline{1,N},\\
4)\ y_\nu \ge 0,\quad \nu=\overline{1,N}.
\end{array}\right\} \qquad (5)
$$

Здесь C_0 – m –мерная вектор-строка; C_ν - n-мерная вектор-строка; A_0^ν - матрица размерности $r \times m$; A_ν - матрица размерности $r \times n$; B_ν - r-мерный вектор-столбец; I_m - единичная матрица размерности m ; набор $(A_0^\nu, A_\nu, C_\nu, B_\nu)$ описывает ν-ю совокупную реализацию из N возможных случайных реализаций набора параметров задачи; p_ν - вероятность ν -й реализации. C_0 и X - детерминированные векторы. Задачу (5) можно рассматривать как двухэтапную задачу стохастического линейного программирования с преобразованным функционалом.

Задача, двойственная к (5), имеет вид:

$$
\left.\begin{array}{l}
1)\ \min \sum\limits_{\nu=1}^{N} p_\nu (W_\nu, B_\nu),\\
2)\ \sum\limits_{\nu=1}^{N} p_\nu W_\nu A_0^\nu - \bar{V} I_m = C_0,\ \bar{V} = \sum\limits_{\nu=1}^{N} p_\nu V_\nu,\\
3)\ W_\nu A_\nu + V_\nu E \ge C_\nu,\ \nu=\overline{1,N},\\
4)\ W_\nu \ge 0,\ \nu=\overline{1,N}.
\end{array}\right\} \qquad (5')
$$

Задачу (5) легко преобразовать подстановкой X из 3) в условия 1)-3) к виду:

$$
\left.\begin{array}{l}
1)\ \max \sum\limits_{\nu=1}^{N} p_\nu (\bar{C}_\nu, y_\nu),\\
2)\ \bar{A}_\nu y_\nu \le B_\nu,\ \nu=\overline{1,N},\\
3)\ E y_{\nu+1} - E y_\nu = 0,\ \nu=\overline{1,N-1},\\
4)\ y_\nu \ge 0,\ \nu=\overline{1,N}.
\end{array}\right\} \qquad (6)
$$

Здесь $\bar{C}_\nu = C_0 E + C_\nu$, $\bar{A}_\nu = A_0^\nu E + A_\nu$. Отсюда видно, что задача в форме (5) имела m избыточных условий (в п.3) и переменных (вектор X).

Задача, двойственная к (6), запишется так:

$$\left.\begin{aligned} &1)\quad \min \sum_{\nu=1}^{N} P_\nu(\tilde{W}_\nu, B_\nu),\\ &2)\quad \tilde{W}_\nu \bar{A}_\nu + \frac{1}{P_\nu}(\tilde{V}_{\nu-1} - \tilde{V}_\nu)E \geq \tilde{C}_\nu,\ \nu = \overline{1,N},\\ &\qquad (\tilde{V}_0 \equiv 0),\\ &3)\quad \tilde{W}_\nu \geq 0,\ \nu = \overline{1,N}. \end{aligned}\right\} \qquad (6')$$

Заметим, что при переходе от задачи (5) к (6) ограничения $-I_m X + E Y_N = 0$ отброшены как избыточные. Однако для сопоставления решений задач (5') и (6') удобно считать, что $V_N \equiv 0$.

Задача в форме (5) богаче по своей структуре и поэтому допускает дополнительные содержательные интерпретации. Вместе с тем задача в форме (6) предпочтительнее с вычислительной точки зрения. Поэтому представляет интерес вопрос о связи оптимальных решений двойственных задач (5') и (6'). Эта связь формулируется следующим утверждением.

УТВЕРЖДЕНИЕ 2. Набор $\{\hat{W}_\nu^*, \hat{V}_\nu^*, \nu = \overline{1,N}\}$ составляет оптимальное решение задачи (5'), где $\hat{W}_\nu^* = \tilde{W}_\nu^*,\ \nu = 1,\dots,N;$ $\hat{V}_\nu^* = \tilde{W}_\nu^* A_0^\nu + \frac{1}{P_\nu}(\tilde{V}_{\nu-1}^* - \tilde{V}_\nu^*) - C_0,\ \nu = 1,\dots,N;$ $\{\tilde{W}_\nu^*, \tilde{V}_\nu^*, \nu = \overline{1,N}\}$ – оптимальное решение задачи (6').

Покажем сначала, что сконструированное таким образом решение является допустимым для задачи (5'). Непосредственной его подстановкой в 2) задачи (5') убеждаемся, что эти условия выполняются. Из 2) задачи (6) следует выполнение условий 3) задачи (5'). Допустимость доказана.

Далее, в силу известной теоремы двойственности и тождественности задач (5) и (6) имеем:

$$\sum_{\nu=1}^{N} (\tilde{W}_\nu^*, B_\nu) P_\nu = \max b(6) = \max b(5) = \sum_{\nu=1}^{N} (W_\nu^*, B_\nu) P_\nu,$$

где $\{\tilde{W}_\nu^*\}_{\nu=1}^{N}$ – фрагмент оптимального решения задачи (6'), который мы принимаем при конструировании решения задачи (5') согласно утверждению 2, а $\{W_\nu^*\}_{\nu=1}^{N}$ – соответствующий фрагмент какого-либо оптимального решения задачи (5') оптимально. тельно, сконструированное решение задачи (5') оптимально.

Это дает возможность, решив более простые задачи в форме (6) и (6'), при необходимости легко восстановить решения задач (5) и (5').

2. Модель планирования сельскохозяйственного производства с учетом погодного фактора

В рамках задачи (5) будем рассматривать модель годового планирования сельскохозяйственного производства в масштабах хозяйства (района, области), учитывая влияние на производство климатических условий. Последние характеризуются набором из N возможных для данной территории годовых случайных реализаций погоды (с любой практически необходимой степенью детализации погодных характеристик). Реализации погоды определяют N существенно различных по условиям и результатам производства годовых производственных исходов. Каждый ν-й исход, в свою очередь, характеризуется: а) набором наиболее подходящих способов производства, описываемых матрицей A_ν и вектором C_ν и отбираемых с помощью тактических решений в ситуациях этого исхода; б) объемами ресурсов и требуемых выпусков продукции, описываемыми вектором B_ν ; в) вероятностью реализации данного исхода P_ν .

Кроме того, имеются программные способы, отбираемые с помощью стратегических решений и описываемые вектором C_0 и матрицами

$$A_0=(A_0^1,A_0^2,\dots,A_0^\nu,\dots,A_0^N);\ \mathcal{D}_f=(\mathcal{D}_{f1},\mathcal{D}_{f2},\dots,\mathcal{D}_{f\nu},\dots,\mathcal{D}_{fN}),\ f=1,2.$$

A_0^ν и $\mathcal{D}_{f\nu}$ - подматрицы размерности $r\times m_0$ и $r\times m_f$ (соответственно матриц A_0 и $\mathcal{D}_f$ размерности $Nr\times m_0$ и $Nr\times m_f$), состоящие из тех частей программных"сквозных" способов, которые содержат нормативы затрат и выпусков, относящиеся к ν-й погодной реализации.

Конкретизируем смысл введенных обозначений. $X=(X_0,X_1,X_2)$, где $X_0=(x_1^0,x_2^0,\dots,x_{m_0}^0)$ - вектор, компоненты которого выражают искомые площади посевов культур и среднегодовое поголовье животных для объекта планирования; $X_1=(x_1^1,x_2^1,\dots,x_{m_1}^1)$- вектор , компоненты которого выражают искомые объемы пополнения основных средств производства; $X_2=(x_1^2,x_2^2,\dots,x_{m_2}^2)$- вектор, компоненты которого выражают искомые объемы резервов ресурсов и продуктов на случай неблагоприятных ситуаций. Таким образом, вектор X характеризует годовую программу формирования структуры сельскохозяйственного производства: растениеводства и животноводства; основных производственных фондов; запасов и резервов.

$Y_\nu=(Y_\nu^1, Y_\nu^2,\ldots, Y_\nu^k,\ldots, Y_\nu^{m_0}), \nu=\overline{1,N}; Y_\nu^k=(y_{\nu 1}^k, y_{\nu 2}^k,\ldots, y_{\nu l}^k,\ldots, y_{\nu n_k}^k)$

– вектор, компоненты которого обозначают искомые объемы работ по возделыванию k-й культуры или по содержанию k-го вида животных в ν-й погодной ситуации. Эти объемы измеряются в площадях обрабатываемых способом l посевов или в поголовье животных, для которых осуществляется l-я технология их содержания. Y_ν – годовой план функционирования сельскохозяйственного производства для случая, когда реализуется ν-я погодная ситуация. $A_0^\nu=(A_0^{\nu 1}, A_0^{\nu 2},\ldots, A_0^{\nu k},\ldots, A_0^{\nu m_0}), A_0^{\nu k}$ – r-мерный вектор-столбец из коэффициентов затрат и выпусков в ν-й погодной ситуации, описывающий ν-ю часть k-го программного способа выполнения тех элементов технологий в растениеводстве и животноводстве, интенсивности применения которых определяются до реализации погодной ситуации.

$D_{f\nu}=(D_{f\nu}^1, D_{f\nu}^2,\ldots, D_{f\nu}^k,\ldots, D_{f\nu}^{m_f}), D_{f\nu}^k$ – r-мерный вектор-столбец из коэффициентов затрат и выпусков в ν-й погодной ситуации, описывающий ν-ю часть k-го программного способа формирования основных средств производства ($f=1$): закупку или строительство объектов основных средств или образования запасов продуктов и ресурсов ($f=2$).

$A_\nu=(A_\nu^1, A_\nu^2,\ldots, A_\nu^k,\ldots, A_\nu^{m_0}), A_\nu^k=(A_\nu^{1k}, A_\nu^{2k},\ldots, A_\nu^{lk},\ldots, A_\nu^{n_k k}), A_\nu^{lk}$

r-мерный вектор-столбец из коэффициентов затрат и выпусков, описывающий l-й тактический способ возделывания k-й культуры на единице площади или способ содержания одной головы скота, если реализуется погодная ситуация ν.

$C_0=(C_{00}, C_{01}, C_{02}), C_{0f}=(C_{0f}^1, C_{0f}^2,\ldots, C_0^{fk},\ldots, C_0^{fm_f}), f=0,1,2;$

$C_{00}^k, k=1,\ldots,m_0$ – показатель среднего годового эффекта на единицу площади посева или от одной головы скота в результате применения соответствующего k-го программного способа; C_{01}^k, $k=1,\ldots,m_1$ – средние удельные затраты на пополнение основных производственных средств; $C_{02}^k, k=1,\ldots,m_2$ – средние удельные затраты на резервирование единицы ресурса или продукта.

$C_\nu=(C_\nu^1, C_\nu^2,\ldots, C_\nu^k,\ldots, C_\nu^{m_0}), C_\nu^k=(C_\nu^{1k}, C_\nu^{2k},\ldots, C_\nu^{lk},\ldots, C_\nu^{n_k k}),$

C_ν^{lk} – норматив затрат на единицу площади посева k-й культуры или на одну голову скота в результате выполнения ℓ-й работы в ν-й погодной ситуации.

$B_\nu=(b_\nu^1, b_\nu^2, \ldots, b_\nu^s, \ldots, b_\nu^r)$, b_ν^s – объем s-го ресурса или необходимого выпуска s-го продукта при ν-й реализации погодных условий. Этот объем зависит от соответствующих условий и требований к производству. Так, если b_ν^s – ресурс мощности зерновых комбайнов s-й марки в гектарах площади зерновых, которую они могут убрать за сезон, то он определяется не только числом комбайнов, но и коэффициентом чистого рабочего времени $\alpha_\nu \leq 1$ в ν-й реализации погодных условий, т.е. b_ν^s – случайная величина. Объем необходимого выпуска продукции также может задаваться дифференцированно по погодным реализациям, сообразуясь не только с потребностями, но и с реальными возможностями производства, зависящими от объективных погодных условий.

Используя введенные обозначения, запишем нашу модель оптимизации годового плана:

$$\left.\begin{array}{l}
1)\ \max\left[\sum\limits_{f=0}^{2}(C_{0f},X_f)+\sum\limits_{\nu=1}^{N}P_\nu(C_\nu,Y_\nu)\right],\\
2)\ A_0^\nu X_0+\sum\limits_{f=1}^{2}D_{\nu f}X_f+A_\nu Y_\nu\leq B_\nu,\ \nu=\overline{1,N},\\
3)\ -I_{m_0}X_0+EY_\nu=0,\ \nu=\overline{1,N},\\
4)\ Y_\nu\geq 0,\ \nu=\overline{1,N},\ X_f\geq 0,\ f=1,2.
\end{array}\right\} \quad (7)$$

Задачу (7) нетрудно преобразовать к виду задачи (5). Для этого необходимо ввести искусственные тактические переменные – векторы $Y_{f\nu}$ такие, что соблюдаются условия инвариантности по ситуациям векторов стратегических решений X_f, $f=1,2$:

$$\left.\begin{array}{l}
1)\ \max\left[\sum\limits_{f=0}^{2}(C_{0f},X_f)+\sum\limits_{\nu=1}^{N}(C_\nu,Y_\nu)P_\nu\right],\\
2)\ A_0^\nu X_0+\sum\limits_{f=1}^{2}D_{\nu f}X_f+A_\nu Y_\nu\leq B_\nu,\ \nu=\overline{1,N},\\
3)\ -I_{m_0}X_0+EY_\nu=0,\ \nu=\overline{1,N},\\
\quad -I_{m_f}X_f+Y_{f\nu}=0,\ \nu=\overline{1,N},\ f=1,2,\\
4)\ Y_\nu\geq 0,\ Y_{f\nu}\geq 0,\ \nu=\overline{1,N},\ f=1,2.
\end{array}\right\} \quad (8)$$

Задачу (8) преобразуем к виду задачи (6):

$$
\left.\begin{array}{l}
1)\ \max \sum_{\nu=1}^{N} (\bar{C}_\nu, \bar{Y}_\nu) p_\nu, \\
2)\ \bar{A}_\nu \bar{Y}_\nu \le B_\nu, \ \nu = \overline{1,N}, \\
3)\ \bar{\bar{E}} \bar{Y}_{\nu+1} - \bar{\bar{E}} \bar{Y}_\nu = 0, \ \nu = \overline{1, N-1}, \\
4)\ \bar{Y}_\nu \ge 0, \ \nu = \overline{1,N}.
\end{array}\right\} \qquad (9)
$$

Здесь $\bar{C}_\nu = (C_\nu + C_{00}E; C_{01}; C_{02})$, $\bar{A}_\nu = (A_\nu + A_0^\nu E; \mathcal{D}_{1\nu}; \mathcal{D}_{2\nu})$, $\bar{Y}_\nu = (Y_\nu, Y_{1\nu}, Y_{2\nu})$. Матрица $\bar{\bar{E}}$ получается путем расширения матрицы E:

$$
\bar{\bar{E}} = \begin{pmatrix} E & 0 & 0 \\ 0 & I_{m_1} & 0 \\ 0 & 0 & I_{m_2} \end{pmatrix}
$$

где I_{m_1}, I_{m_2} - единичные матрицы соответсвенно размерности m_1 и m_2.

Таким образом, для задач (8) и (9) двойственными будут соответственно задачи (5′) и (6′) с точностью до обозначений.

3. Соотношения двойственности и их экономическая интерпретация

Допустим, что получен оптимальный годовой план сельскохозяйственного производства по модели, записанной в форме (8) или (9). Обозначим его через $\{X_f^*, f = 0,1,2, Y_\nu^*, Y_{f\nu}^*, f = 1,2, \nu = \overline{1,N}\}$.

Решения соответствующих задач типа (5′) и (6′) дадут систему оценок факторов сельскохозяйственного производства. В отличие от детерминированного случая эти оценки дифференцированы по погодным ситуациям: $\{W_\nu^*, V_{f\nu}^*, f = 0,1,2, \nu = \overline{1,N}\}$ или $\{\tilde{W}_\nu^*, V_{f\nu}^*, f = 0,1,2, \nu = \overline{1,N}\}$.

Общие свойства оценок оптимального плана формулируются в теоремах двойственности [10,11] и позволяют проводить комплексный экономический анализ принимаемых решений.

Одна из теорем двойственности утверждает, что для оптимальных решений пары двойственных задач значения их целевых функций равны. Для двух пар задач: (8) и (5′), (9) и (6′) имеем соответственно

$$\sum_{f=0}^{2}(C_{0f}, X_f^*) + \sum_{\nu=1}^{N}(C_\nu, Y_\nu^*)P_\nu = \sum_{\nu=1}^{N}(W_\nu^*, B_\nu)P_\nu; \quad (10)$$

$$\sum_{f=1}^{2}\sum_{\nu=1}^{N}(C_{0f}, Y_{f\nu}^*)P_\nu + \sum_{\nu=1}^{N}((C_{00}E + C_\nu), Y_\nu^*)P_\nu = \sum_{\nu=1}^{N}(\tilde{W}_\nu^*, B_\nu)P_\nu. \quad (11)$$

Среди ресурсов и факторов производства, учитываемых в моделях (8) и (9) и получающих оценки, важнейшими являются: земельные угодья с их качественной дифференциацией как по плодородию, так и по условиям производства работ; трудовые ресурсы с дифференциацией по специализации, квалификации и сезонам сельскохозяйственных работ; водные ресурсы орошаемого земледелия, различающиеся по их доступности для использования; различного рода основные и оборотные средства производства; задания по производству продукции; некоторые технологические условия и ограничения. Все эти ресурсы и факторы учитываются и в обычных детерминированных моделях планирования сельскохозяйственного производства. Важнейшей особенностью моделей (8) и (9) является учет погодного фактора и оценка его влияний на эффективность использования всех других производственных факторов и ресурсов.

Обозначим через $w_{s\nu}^*$ оптимальную оценку единицы s-го ресурса в ν-й погодной ситуации, через $v_{k\nu}^{(f)*}$ - оценку ограничения на равенство по k-му структурному элементу в ν-й ситуации. Пусть s-й ресурс возрастает (уменьшается) в ν-й погодной ситуации на величину $\Delta b_{s\nu}$. Тогда, согласно (10), если от указанной вариации решение задачи (5′) не изменится, максимальное значение целевой функции задачи (8) возрастет (уменьшится) на величину $\Delta b_{s\nu} w_{s\nu}^* P_\nu$. В частности, при $\Delta b_{s\nu} = \pm 1$ прирост среднего значения эффекта будет равен $\pm w_{s\nu}^* P_\nu$. Таким образом, стохастическая оценка ресурса означает прирост случайной величины эффекта в ситуации ν в расчете на добавочную единицу этого ресурса именно в данной погодной ситуации ν.

Если, например, приобретается дополнительный комбайн или осваивается дополнительный гектар земли под пашню, то это будет означать, что $\Delta b_{s\nu} = 1$ для всех $\nu = \overline{1,N}$. При тех же предположениях относительно устойчивости двойственной задачи прирост эффекта будет равен $\overline{w}_s^* = \sum_{\nu=1} w_{s\nu}^* P_\nu$. Однако, как указывалось выше, фактическое использование техники может быть различным в зависимости от ситуаций. Тогда прирост среднего эффекта от прироста техники на величину Δb_s будет равен: $\bar{w}_s^* \Delta b_s = \sum_{y=1}^{N} (\alpha_y \Delta b_s) w_{sy}^* p_y$, т.е. средняя оценка s-го ресурса равна: $\bar{w}_s^* = \sum_{y=1}^{N} \alpha_y w_{sy}^* p_y$.

Поскольку в задачах (8) и (9) предусмотрены условия равенства посевных площадей каждой культуры по ситуациям и в каждую ситуацию "погружается" один и тот же набор культур, то ограничения по пашне достаточно ввести один раз в блоке ограничений какого-либо исхода y'. Поэтому ресурсы пахотных земель получают единую оценку $\bar{w}_s^* = w_{sy'}^* p_{y'}$, означающую прирост среднего эффекта на I га пахотных земель по полной системе событий (ситуаций).

Если речь идет, например, о привлечении сезонных рабочих или техники со стороны только при наступлении ситуаций с напряженным соответствующим балансом (множество таких ситуаций обозначим через $\bar{N}_s$), то вклад в приращение эффекта будут давать только те ситуации, в которых используется дополнительный ресурс. В этом случае средний эффект прирастает на величину $\sum_{y \in \bar{N}_s} w_{sy}^* p_y = \bar{w}_s^*$.

Ограничения 3) задач (8) и (9) выражают требования, чтобы выбранные площади посевов k-й культуры, поголовье k-го вида животных, объем пополнения основных средств k-го вида или объемы созданных страховых запасов k-го вида сохраняли одинаковый размер в каждой из возможных ситуаций. Они отражают тот реальный факт, что априори выбранная (одна и та же) производственная структура может быть "погружена" случайной реализацией природы в любую из N возможных погодных ситуаций. Этим ограничениям соответствуют оценки $\{v_{yk}^{(f)}, y=\overline{1,N}\}$ для задачи (8) и $\{\tilde{v}_{yk}^{(f)}, y=\overline{1,N-1}, f=0,1,\ell\}$ для (9).

Для m_0 избыточных ограничений из 3) задачи (8) мы можем взять произвольные оценки. В частности, можно принять

$$v_{Nk}^{(0)} = -\frac{1}{p_N} \sum_{y=1}^{N-1} v_{yk}^{(0)} p_y, \quad k=\overline{1,m_0}.$$

Отсюда следует, что в этом случае

$$\bar{v}_k^{(0)} = \sum_{y=1}^{N} v_{yk}^{(0)} p_y = 0, \quad k=\overline{1,m_0}.$$

Это же справедливо и для остальных m_1+m_2 избыточных ограничений $y_{fN} = x_f, f=1,2$.

Назовем систему оценок $\{W_\nu, V_{f\nu}, \nu=\overline{1,N}, f=0,1,2\}$ нормальной, если $\bar{\vartheta}_k^{(f)}=0, k=1,2,\ldots,m_f, f=0,1,2$.

УТВЕРЖДЕНИЕ 3. Система оценок $\{\tilde{W}_\nu^*, \tilde{V}_{f\nu}^*, \nu=\overline{1,N}, f=0,1,2\}$, полученная из задачи, двойственной к (9), согласно утверждению 2, является нормальной системой, если принять

$$\tilde{V}_{0N}^* = \sum_{\nu=1}^{N} \tilde{W}_\nu^* A_0^\nu p_\nu - C_{00}, \quad \tilde{V}_{fN}^* = \sum_{\nu=1}^{N} \tilde{W}_\nu^* \mathcal{D}_{f\nu} p_\nu - C_{0f}, \; f=1,2.$$

Это непосредственно следует из того, что

$$M\hat{V}_{0\nu}^* = \sum_{\nu=1}^{N} \tilde{W}_\nu^* A_0^\nu p_\nu - C_{00} - \tilde{V}_{0N}^*; \quad M\hat{V}_{f\nu}^* = \sum_{\nu=1}^{N} \tilde{W}_\nu^* \mathcal{D}_{f\nu} p_\nu - C_{0f} - \tilde{V}_{fN}^*, \; f=1,2.$$

В частности, если в задаче (8) $A_0=0$, $C_0=0$, то для нормальности системы оценок необходимо взять $\tilde{V}_{0N}^*=0$. В дальнейшем будем иметь в виду только нормальные системы оценок. Оценки $\{\vartheta_{\nu k}^{(f)*}\}$ и $\{\tilde{\vartheta}_{\nu k}^{(f)*}\}$ имеют несколько различный содержательный смысл.

Оценка $\vartheta_{\nu k}^{(f)*}$ характеризует степень риска в ν-й ситуации, если принять решение возделывать дополнительно I га k-й культуры или содержать I голову k-го вида скота, приобрести дополнительную единицу ресурса или сделать запас. Дело в том, что помимо погодных ситуаций, в которых культура или животные, приобретаемые или запасаемые заранее ресурсы выгодны, могут реализоваться и такие, когда они, возможно, даже убыточны. При этом выбор должен быть оправдан в среднем по ситуациям и по каждой культуре и виду животных, по каждому ресурсу отдельно ($\bar{\vartheta}_k^{(f)*}=0$). Таким образом, оценки $\{\vartheta_{\nu k}^{(f)*}\}$ принимают по ситуациям как положительные, так и отрицательные значения (табл. I). $\tilde{\vartheta}_{\nu k}^{(f)*}$ дает оценку дисбаланса на единицу объема k-го структурного элемента между смежными ситуациями $\nu-1$ и ν. Эта оценка показывает, таким образом, относительную эффективность k-го элемента структуры в ν-й ситуации по сравнению с ситуацией $\nu-1$.

Упорядочим компоненты каждого вектор-решения X_f^*, $f=0,1,2$, так, чтобы все нулевые значения их имели большие номера по сравнению с ненулевыми, а именно: $x_k^{f*}>0$, $k=1,\ldots,m_f'$; $x_k^{f*}=0$, $k=m_f'+1,\ldots,m_f$, $f=0,1,2$. Компоненты векторов $y_{0\nu}^*$ упорядочим следующим образом: $y_{\nu\ell}^{k*}>0$, $\ell=1,\ldots,n_{k\nu}'$, $k=1,\ldots,m_0'$, $\nu=\overline{1,N}$; $y_{\nu\ell}^{k*}=0$, $\ell=n_{k\nu}'+1,\ldots,n_k$; $k=1,\ldots,m_0'$; $\ell=\overline{1,n_k}$, $k=m_0'+1,\ldots,m_0$.

Тогда, согласно второй теореме двойственности [II], для задачи (8) будем иметь:

$$1)\ \sum_{\nu=1}^{N}(W_\nu^*, A_0^{\nu k})p_\nu = C_{00}^k,\ k=1,\dots,m_0;$$

$$2)\ \sum_{\nu=1}^{N}(W_\nu^*, \mathcal{D}_{\nu f}^k)p_\nu \begin{cases} = C_{0f}^k,\ k=1,\dots,m_f',\ f=1,2; \\ \geqslant C_{0f}^k,\ k=m_f'+1,\dots,m_f,\ f=1,2; \end{cases} \qquad (12)$$

$$3)\ (W_\nu^*, A_\nu^{lk}) + v_{\nu k}^{(0)*} \begin{cases} = C_\nu^{lk},\ l=1,\dots,n'_{k\nu},\ k=1,\dots,m_0',\ \nu=\overline{1,N}; \\ \geqslant C_\nu^{lk},\ l=n'_{k\nu}+1,\dots,n_k,\ k=1,\dots,m_0; \\ \quad l=1,\dots,n_k,\ k=m_0'+1,\dots,m_0;\ \nu=\overline{1,N}. \end{cases}$$

Для задачи (9):

$$1)\ (\tilde W_\nu^*, A_\nu^{lk}) + (\tilde W_\nu^*, A_0^{\nu k}) + \frac{1}{p_\nu}\left(\tilde v_{\nu-1k}^{(0)*} - \tilde v_{\nu k}^{(0)*}\right) \begin{matrix} = \\ \geqslant \end{matrix}$$

$$\begin{cases} = C_\nu^{lk} + C_{00}^k, \text{ если } l=1,\dots,n'_{k\nu},\ k=\overline{1,m_0'},\ \nu=\overline{1,N}; \\ \geqslant C_\nu^{lk} + C_{00}^k, \text{ если } l=n'_{k\nu}+1,\dots,n_k,\ k=\overline{1,m_0'}; \\ \quad l=\overline{1,n_k},\ k=m_0'+1,\dots,m_0,\ \nu=\overline{1,N}. \end{cases} \qquad (13)$$

$$2)\ (\tilde W_\nu^*, \mathcal{D}_{\nu f}^k) + \frac{1}{p_\nu}\left(\tilde v_{\nu-1k}^{(f)*} - \tilde v_{\nu k}^{(f)*}\right) \begin{matrix} = \\ \geqslant \end{matrix}$$

$$\begin{cases} = C_{0f}^k, \text{ если } k=1,\dots,m_f';\ f=1,2;\ \nu=\overline{1,N}; \\ \geqslant C_{0f}^k, \text{ если } k=m_f'+1,\dots,m_f;\ f=1,2;\ \nu=\overline{1,N}. \end{cases}$$

Из (I2) и (I3) видно, что в оптимальный план включаются только те стратегии и тактические решения, для которых затраты, выраженные в оценках, покрываются получаемым эффектом, и отвергаются те, по которым затраты превышают эффект. При оценке технологий по культурам и видам животных в затраты включаются не только издержки непосредственно по данной l-й работе в ν-й ситуации, но и затраты , связанные с осуществлением соответствующего априорного решения. Эти "общесезонные" затраты также выражаются в оценках соответствующей ν-й ситуации: $(\tilde W_\nu^*, A_0^{\nu k})$. Кроме того, в оценку способа включается оценка соответствующей погодной ситуации для k-й культуры или k-го вида животных. При этом, если $v_{\nu k}^{(0)*}$ (или $\frac{1}{p_\nu}(\tilde v_{\nu-1k}^{(0)*} - \tilde v_{\nu k}^{(0)*})$) больше нуля, то это означает, что данная ситуация для этой культуры или вида животных является относительно благоприятной и позволяет образовать своего рода страховой фонд для покрытия затрат в относительно неблагоприятных ситуациях, когда для оправдания выбора необходимы "дотации" в размере абсолютных значений величин $v_{yk}^{(0)*}$ (или $\frac{1}{p_y}(\tilde{v}_{y-1k}^{(0)*} - \tilde{v}_{yk}^{(0)*}$), когда они отрицательны. Таким образом, оценки $\{v_{yk}^{(0)*}\}$ и $\{\tilde{v}_{yk}^{(0)*}\}$ служат выравниванию экономических условий (рентабельности) возделывания культур или содержания животных по погодным ситуациям и носят характер л о к а л ь н ы х п о г о д н ы х р е н т. Нормализация оценок означает, что производственный объект "замыкается" относительно источников образования указанных выше страховых фондов: допускается лишь сбалансированное перераспределение средств между погодными ситуациями отдельно по каждому структурному элементу. Стоимостные балансы осуществляются лишь через систему "цен" $\{W_y^*\}$ или $\{\tilde{W}_y^*\}$, $y = \overline{1,N}$.

Из условий I) в (I2) и (I3) видно, что выгодность k-го структурного элемента производства (выращивания k-й культуры или содержания k-го вида животных) устанавливается лишь по оценкам тактических способов их выращивания или содержания в каждой из возможных ситуаций. По средним оценкам априорных решений об их выгодности судить нельзя. Итак, структура оценки ℓ-го варианта технологии в оптимальном плане производства, полученном по стохастической модели, существенно отличается от структуры оценки этого способа в оптимальном плане из детерминированной модели. В первом случае учитывается влияние погодных ситуаций на дефицитность ресурсов (дифференциация по ситуациям вектора оценок $\{W_y^*\}$) и осуществляется корректировка эффективности способов с помощью погодных рент (векторы оценок $\{V_{\ell y}^*\}$ или $\{\tilde{V}_{\ell y}^*\}$). Поэтому использование стохастических оценок может принципиально изменить выводы относительно эффективности принимаемых решений. Отметим, что корректировка оценок способов (а следовательно, и принимаемых решений) может быть особенно существенной при большом размахе колебаний оценок по ситуациям, даже когда в среднем обеспечивается компенсация отрицательных погодных рент положительными.

4. Примеры использования стохастических оценок

Приведем типичные примеры, в которых отражается специфика использования стохастических оценок в экономическом анализе и построении механизма управления производством.

ПРИМЕР I. Пусть k - номер, обозначающий новый сорт какой-либо культуры, который прошел предварительные испытания, так что известны характеристики его в виде опытных данных по урожайностям и затратам на I га в различных погодных ситуациях и при разных технологических схемах: $A_0^k, \{A_\nu^{\ell k}, \ell=\overline{1,n_k}, \nu=\overline{1,N}\}, C_{00}^k, C_\nu^{\ell k}$. Необходимо дать комплексную экономическую оценку сорта в системе других сортов культуры и других культур данного района.

Применив стохастические оценки факторов $\tilde{W}_\nu^*, \nu=\overline{1,N}$, рассчитаем величины: $u_\nu^{\ell k}=C_\nu^{\ell k}+C_{00}^k-(\tilde{W}_\nu^*,(A_0^{\nu k}+A_\nu^{\ell k}))$, $\ell=\overline{1,n_k}; \nu=\overline{1,N}$. В качестве локальных погодных рент можно принять: $u_{\nu k}^*=\max\limits_\ell u_\nu^{\ell k}$. Если теперь $\bar{u}_k=\sum\limits_{\nu=1}^N u_{\nu k}^* p_\nu\geq 0$, то сорт можно считать экономически оправданным для данного района.

ПРИМЕР 2. Пусть k - номер вида животных определенной породы. Из практики и опытных данных известны характеристики способов содержания и кормления животных: $A^{\ell k}=(a_1^{\ell k}, a_2^{\ell k},\ldots, a_r^{\ell k}), C^{\ell k}, \ell\in L_k$, где L_k - множество способов содержания и кормления животных; $a_s^{\ell k}, s=\overline{1,t}$, - нормативы затрат кормов; $a_s^{\ell k}, s=t+1,\ldots,r$, - нормативы затрат прочих ресурсов; $C^{\ell k}$ - экономический эффект на I голову.

Предположим, что животноводство рассматривается в некоторой детерминированной модели сельхозпроизводства, из которой оптимальные ресурсы животноводства определены объемами b_s, $s=\overline{1,r}$. Обозначим искомое поголовье скота через $\{y_k^\ell\}$ и выпишем фрагмент задачи, относящийся к оптимизации животноводства:

$$\left.\begin{array}{l} 1)\ \max\sum\limits_{\ell\in L_k} y_k^\ell C^{\ell k}, \\ 2)\ \sum\limits_{\ell\in L_k} a_s^{\ell k} y_k^\ell\leq b_s,\ s=1,\ldots,r; \\ 3)\ y_k^\ell\geq 0,\ \ell\in L_k,\ \left(\sum\limits_{\ell\in L_k} y_k^\ell=x_k\right), \end{array}\right\}\qquad (14)$$

x_k - планируемое общее поголовье.

Пусть из задачи (I4) определено оптимальное поголовье $y_k^{l*} > 0$, $l \in L'_k$, L'_k – множество оптимальных способов содержания и кормления. Обозначим через W_g^* вектор оценок производственных факторов задачи (I4). Тогда имеет место

$$\sum_{s=1}^{t} a_s^{lk} w_{gs}^* + c^{lk} = 0, \; l \in L'_k .$$

В реальной жизни между тем будут возникать различные производственные ситуации и прежде всего случайные отклонения получаемых кормовых ресурсов $\{b_{\nu s}\}$ от объемов $\{b_s\}$, $s=\overline{1,t}$, $\nu=\overline{1,N}$. Это означает, что для ситуаций ν, менее благоприятных, чем учтенные в детерминированной модели, вообще говоря, $\tilde{w}_{\nu s}^* \geq w_{gs}^*$, $s=\overline{1,t}$. В этом случае будет справедливо: $\sum_{s=1}^{t} a_s^{lk} \tilde{w}_{\nu}^* + c^{lk} = u_\nu^{lk} \leq 0$, $l \in L'_k$. Как и выше, в качестве приближенных значений локальных погодных рент можно взять: $u_{\nu k}^* = \max_{l \in L_k} u_\nu^{lk} = u_\nu^{\bar{l}_\nu k}$. Если $\bar{u}_k = \sum_{\nu=1}^{N} u_{\nu k}^* p_\nu < 0$, то вопреки оптимальному решению по модели (I4) данная отрасль животноводства в этих условиях экономически неэффективна. В лучшем же случае множество технологий L'_k, определенное по детерминированной модели, не совпадает с оптимальным множеством технологий $\{\bar{l}_\nu\}$ или/и необходимо корректировать размеры отрасли $x_k^* = \sum_{l \in L'_k} y_k^l$.

Обоснованная стратегия развития животноводства может быть определена только из стохастической модели, когда оптимальное соотношение темпов экстенсивного и интенсивного роста производства определяется с учетом влияния различных погодных ситуаций на кормопроизводство. Практика подтверждает, что наращивание поголовья скота без глубокого анализа динамики кормовой базы нередко приводит к недополучению продукции животноводства, ухудшению затратных показателей. Так, к 1980 году во всех категориях хозяйств Молдавии наблюдался рост поголовья крупного рогатого скота, в то же время обеспеченность его кормами в 1980 году составила 88,2%. Следствием этого явилось снижение молочной и мясной продуктивности животных и рост затрат кормов на единицу продукции. Так, на I ц прироста живой массы скота было затрачено кормов в 1,7 раза больше норматива.

Как показали наши исследования, проблема выбора оптимального поголовья животных особенно актуальна для зон рискованного земледелия. Из табл. I видно, что в совхозе "Студеновский, расположенном в засушливой зоне Кулундинской степи, погодные ренты по крупному рогатому скоту колеблются в очень большом диапазоне. Установлено при этом, что в зонах рискованного земледелия эффективным "сглаживающим" мероприятием является оптимальная система резервирования кормов[6]. Своеобразной формой резервирования является создание страховых площадей долговременных культурных пастбищ с орошением.

ПРИМЕР 3. На основе стохастических оценок представляется возможным совершенствовать механизм стимулирования труда в сельском хозяйстве за счет конечных результатов. Известно, например, что в условиях коллективного подряда принципиальная трудность в построении справедливых и эффективных систем стимулирования состоит в том, что не удается четко отделить результат влияния погодного фактора от результата трудовых усилий коллектива[ж)]. Из-за этого нередко на практике санкции или поощрения в большой степени определяются именно погодным фактором.

Применяемые в настоящее время в сельском хозяйстве системы доплат за конечную продукцию опираются на устанавливаемые шкалы урожайности и соответствующие нормативные расценки в расчете на рубль основной тарифной оплаты (но не более 60%). Наиболее распространенными можно считать следующие варианты: а) когда расценка устанавливается по плановой урожайности и плановым затратам труда по тарифу; б) когда расценка устанавливается на основе средней за последние 3-5 лет фактической урожайности и плановому тарифу; в)когда берется шкала прогрессивных расценок, возрастающих с ростом урожайности.

Существенным общим недостатком всех этих принципов стимулирования является то, что ни в урожайности, ни в тарифной оплате труда, лежащих в основе определения расценок, не учитывается влияние погодного фактора. Поэтому стабильность расценок, которую обычно представляют как положительный момент механизма, как раз и не является оправданной. Нормативные расценки доплат должны быть дифференцированы по исходам погодных условий сельхозпроизводства: для каждого исхода своя шкала расценок.

ж) При этом под результатом следует понимать не только прирост или снижение урожайности, но и экономию или перерасход средств: все это по отношению к какой-либо эталонной погодной ситуации.

Т а б л и ц а I

Нормальная система стохастических оценок для производственных условий некоторых районов Новосибирской области в рублях чистого дохода

			Ордынский район			Чистоозерный район			Карасукский р-н, с-з "Студеновский"		
			исходы			исходы			исходы		
			В. $\rho_1=0,3$	С.З. $\rho_2=0,4$	О.З. $\rho_3=0,3$	В. $\rho_1=0,3$	С.З. $\rho_2=0,4$	О.З. $\rho_3=0,3$	В. $\rho_1=0,1$	С.З. $\rho_2=0,24$	О.З. $\rho_3=0,66$
I	Зерновые, I га	$\rho_y \cdot v^*_{y1}$	I04	I	-I05	68	5	-73	-	-	-
2	Силосные, I га	$\rho_y \cdot v^*_{y2}$	6	I0	-I6	24	I5	-39	I84	-9	-I75
3	Многолетние травы, I га	$\rho_y \cdot v^*_{y3}$	II3	-39	-74	8I	-6	-75	238	I2	-250
4	Корнеплоды на поливе, I га	$\rho_y \cdot v^*_{y4}$	-I06	75	3I	93	66	-I59	-	-	-
5	Овощи на поливе, I га	$\rho_y \cdot v^*_{y5}$	-308	248	60	-370	25I	II9	-	-	-
6	Картофель на поливе, I га	$\rho_y \cdot v^*_{y6}$	-I37	I59	-22	-I99	I38	6I	-	-	-
7	Коровы, I голова	$\rho_y \cdot v^*_{y7}$	-	-	-	-	-	-	7I2	87	-799
8	Крупный рогатый скот на откорме, I голова	$\rho_y \cdot v^*_{y8}$	-	-	-	-	-	-	389	-2I	-368
9	Сенокосы естественные, I га	w^*_{1y}	6,I	2,0	35,9	0	0	27,6	0	2,5	29,0
I0	Сенокосы улучшенные, I га	w^*_{2y}	0,7	4,I	62,0	0	0	29,0	0	3,2	32,0

П р и м е ч а н и е . В – влажный год, С.З. – среднезасушливый, О.З. – острозасушливый. От культур на поливе наибольшую отдачу в чистом доходе имеют в среднезасушливый год, когда складывается наиболее благоприятное соотношение между дополнительным урожаем и дополнительными затратами на орошение.

Различные условия приложения труда и его результативность в зависимости от погодной ситуации отражают стохастические оценки трудовых ресурсов: $\{\tilde{W}_{\nu\tau}^{*}\}, \nu=\overline{1,N}$. Они показывают тот дополнительный эффект (прирост конечного результата производства, выраженного в целевой функции: валовой продукции, прибыли, чистого дохода и т.п.), который можно получить от дополнительных трудовых усилий именно в *данной погодной ситуации*. Поэтому такие оценки можно взять за основу при определении шкал расценок для доплат за конечные результаты производства.

ЛИТЕРАТУРА

1. ЮДИН Д.Б. Двойственность в стохастическом программировании.- Экономика и мат. методы, 1969, т.5, вып.2, с.280-284.
2. ГОЛЬШТЕЙН Е.Г., ЮДИН Д.Б. Новые направления в линейном программировании. - М.: Сов. радио, 1966.
3. Dantzig G., Madansky A. On the solution of two-stage linear programs under uncertainty.- Proc. Fourth Berkeley Simposium on Math. Statistics and Probability. Berkeley. V.1, 1961.
4. ЕРМОЛЬЕВ Ю.М., ЯСТРЕМСКИЙ А.И. Стохастические модели и методы в экономическом планировании. - М.: Наука, 1979, с.122-150.
5. ЕФИМОВ В.М. Оптимальные оценки в условиях неопределенности. - Экономика и мат. методы., 1970, т.6, вып. 3, с.464-469.
6. КАРДАШ В.А. Экономическая оптимизация в орошении. - В кн.: Вопросы анализа плановых решений в сельском хозяйстве. Ч.П. Новосибирск, 1972 .
7. КАРДАШ В.А. Модели управления производственно-экономическими процессами в сельском хозяйстве. - М.: Экономика, 1981.
8. КАРДАШ В.А. На основе линейно-программных моделей. - Экономика сельского хозяйства, 1979, №10, с.35-39.
9. КАРДАШ В.А. Об одном подходе к постановкам стохастических задач оптимизации производства. - Экономика и мат. методы, 1977, т.13, вып. 6, с.312-316.

10. БУЛАВСКИЙ В.А., РУБИНШТЕЙН Г.Ш. Несколько лекций по линейному программированию. Новосибирск, 1965, с.36-37.
11. ЮДИН Д.Б., ГОЛЬШТЕЙН Е.Г. Линейное программирование. - М.: Физматгиз, 1963, с.151-168.

Поступила в ред.-изд. отдел
29.12.1983 г.