

Рис. 2. Зависимости и некоторые частные примеры определения направления магистрального пути.

a — зависимость комплексного коэффициента A от срока действия магистрального в данной полосе лесного массива; $1 - Q_r = 450$ тыс. m^3 ; $2 - Q_r = 300$ тыс. m^3 ; $3 - Q_r = 150$ тыс. m^3 ; *b* — зависимость предельного значения координаты $x_{пр}$ точки B от ширины полосы; $1 - A = 1,75 \times 10^{-5}$; $2 - A = 3,5 \cdot 10^{-5}$; $3 - A = 7,0 \cdot 10^{-5}$; *в* — пример назначения направления магистрального пути при ширине полос b_{max} , определяемой по формуле (10); *г* — возможный вариант направления магистрального пути $OAB'C$ с ответвлением AD для лесных массивов со сложной конфигурацией границ и весьма неравномерным размещением запасов леса.

На рис. 2, *a* представлена зависимость $A = f(n)$ для лесовозной дороги с гравийной дорожной одеждой при $C_m = 30\,000$ р.; $k_m = 0,05$ р./($m^3 \cdot km$); $k_b = 0,09$ р./($m^3 \cdot km$); а на рис. 2, *б* — зависимость $x_{пр} = f(b)$ для трех пространственных значений A .

С учетом того, что при размещении веток в лесном массиве эксплуатационная площадь последнего разделяется на отдельные зоны тяготения к веткам, ширину каждой полосы целесообразно принимать равной оптимальному расстоянию между ветками у мест их примыкания к магистральному пути. Таким образом,

$$b = \sqrt{\frac{C_b - C_{ус}}{30\gamma b_{ус}}}, \quad (9)$$

где C_b — стоимость постройки и содержания (за срок службы) 1 км головного участка ветки, р./км;

$C_{ус}$ — стоимость постройки и содержания 1 км уса, р./км;

$b_{ус}$ — стоимость пробега леса по усу, р./($m^3 \cdot km$).

Из формулы (7) и рис. 2, *б* видно, что координата $x_{пр} = 0$ при

ЭКОНОМИКА И ОРГАНИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВА

УДК 630*79

**МЕТОДИКА ИЗМЕРЕНИЯ РИСКА
ПРИ ПРОГНОЗЕ ХОЗЯЙСТВЕННЫХ СИТУАЦИЙ**

Н. И. КОЖУХОВ, Г. К. ПОДШИВАЛОВ

Московский лесотехнический институт

Наиболее общее определение риска приводится в теории исследования операций, где риск рассматривается как мера несоответствия между возможными результатами решений. В хозяйственной практике риск связывают с неопределенностью хозяйственных ситуаций в будущем, неуверенностью субъекта планирования в достижении идеального целевого результата, возможным ущербом и т. д. В связи с этим разработанные методы измерения хозяйственного риска [1] применимы лишь для задач краткосрочного планирования, в которых сложившееся к настоящему моменту статистическое распределение вероятностей случайных событий не подвержено значительным изменениям в будущем. Хозяйственный риск в этих задачах формализуется в следующем виде:

$$L(x^n) = \left| x^n - \int_0^{x^n} xf(x)dx \right|; \tag{1}$$

$$k(x^n)_t = \left| \frac{x^n - \int_0^{x^n} xf(x) dx}{\int_{x^n}^{\infty} xf(x) dx - x^n} \right|; \tag{2}$$

$$K(x^n; T)_{\text{дин}} = \frac{1}{T} \int_0^T k(x^n)_t h(t) dx, \tag{3}$$

- где
- x, x^n — случайная и планируемая величины экономического показателя;
 - $f(x)$ — функция плотности распределения вероятности событий в интервале $0 \leq x < \infty$, параметры которой оцениваются на основе отчетных данных — экономических показателей;
 - $L(x^n)$ — ожидаемый ущерб (потери) при выборе плана-величины x^n ;
 - $\left| \int_{x^n}^{\infty} xf(x) dx - x^n \right|$ — ожидаемый прирост (прибыль) при выборе плана-величины x^n ;
 - $k(x^n)_t$ — коэффициент риска, выражаемый отношением величин ожидаемых потерь к ожидаемому приросту этого показателя, плановая величина которого выбирается равной x^n ;
 - $K(x^n, T)_{\text{дин}}$ — динамический коэффициент риска, определяемый суперпозицией взвешенных функций $h(t)$ величин коэффициентов риска $k(x^n)_t$, каждый из которых находят на основе рас-

считанных на момент времени t статистических функций $f(x)_t$ плотности распределения вероятностей;

T — период времени, для которого оценивается величина динамического коэффициента риска.

Однако в методологии измерения хозяйственного риска по-прежнему остается актуальной проблема неопределенности как при долгосрочном планировании, так и при прогнозе. Это связано с неразработанностью методов измерения риска применительно к динамике экономических показателей объекта. Настоящая работа посвящена обоснованию предлагаемого нами решения проблемы — оценке риска при программно-целевом прогнозе хозяйственных ситуаций.

На наш взгляд, решение этой проблемы должно базироваться на следующих методологических принципах: 1) плановый (прогнозный) вариант выбирают при решении плановых (прогнозных) задач; 2) к постановкам этих задач предъявляются системно-экономические требования, сформулированные в работе [5]; 3) хозяйственный риск оценивается по обобщающему экономическому показателю; 4) к выбору «шкалы» риска, положению на ней точки отсчета, а также выбору системной единицы измерения ущерба предъявляются системные требования.

Обобщающим экономическим показателем, наиболее пригодным для оценки хозяйственного риска, является предложенный нами в работе [2] показатель комплексной результативности (КР), полученный путем агрегирования ряда экономических показателей на основе соблюдения следующих принципов.

1. Показатель КР есть совокупность взвешенных результативностей отдельных экономических показателей, характеризующих использование различных факторов производства.

2. Построение системы соответствующих весовых коэффициентов-«вкладов» экономических показателей в оценку КР основано на приведении разноразмерных величин показателей к безразмерной системной шкале.

3. Результативности для отдельных показателей измеряются в динамике на основе сопоставления плановых, фактических (отчетных) и нормативных их значений. При этом учитывается существование обратной связи между показателями, по которым определяют результативности, и остальными, дополняющими их, экономическими показателями.

Практический расчет комплексной результативности, сделан нами на базе отчетных данных Минлесхоза РСФСР за 1974—1982 гг. [3] по совокупности 18 показателей промышленной деятельности: мощность по вывозке древесины, объем вывозки, в том числе лесоматериалов круглых, выход деловой древесины, в том числе лесоматериалов круглых, коэффициент комплексной механизации работ на нижних складах и лесовозных дорогах, поставка деловой древесины, мощность по производству пиломатериалов, их выпуск и поставка, производительность труда, коэффициент использования рабочего времени, ввод в действие основных фондов, капитальные вложения, балансовая прибыль, использование фондов развития производства и материального поощрения, затраты на 1 р. товарной продукции. Расчет выявил преимущества показателя КР с точки зрения обеспечения высокой степени сжатия экономической информации.

Результаты расчета для двух объектов разного уровня — Министерства в целом и Архангельского областного управления лесного хозяйства — приведены на гистограммах 1 и 2, отражающих поведение КР в сравнении с показателем общей рентабельности.

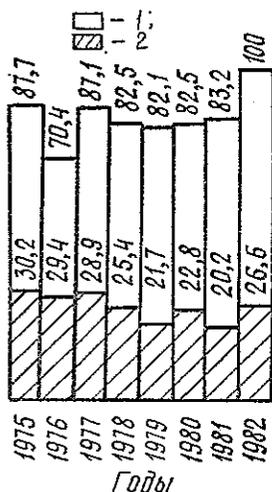


Рис. 1. Динамика показателей Минлеспхоза РСФСР (%).

1 — показатель КР; 2 — показатель общей рентабельности.

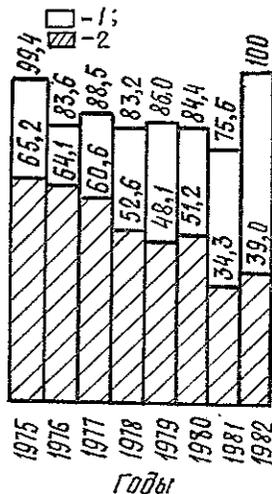


Рис. 2. Динамика показателей Архангельского управления лесного хозяйства (%). Обозначения те же.

Оценивая риск при программно-целевом прогнозе хозяйственных ситуаций по КР, необходимо: 1) прогнозную величину этого показателя определять на основе решения специальной задачи программно-целевого прогноза, постановка и формализация которой даны ниже; 2) хозяйственный риск отождествлять с возможной хозяйственной помехой, вызывающей отклонения от заданного курса с оптимальной динамикой КР; 3) при оценке хозяйственного риска (помехи) использовать функции распределения вероятностей случайных величин, которые имеют расширенный набор параметров и позволяют учитывать динамические свойства экономических показателей, проявляющиеся в изменениях картины распределения вероятностей, вызываемых воздействием обратной связи со стороны управления. Последнему требованию удовлетворяет функция

$$f(x; u; t) = A(t) \left| \frac{d^k}{dx^k} \exp \left\{ u \left(\frac{x - \bar{x}}{\sigma} \right) - \frac{1}{b} \left(\frac{x - \bar{x}}{\sigma} \right)^{2m} \right\} \right|, \quad (4)$$

где $A(t)$ — нормировочный множитель, зависящий от времени t ;
 x — случайная величина;

\bar{x} , σ , b , m , k — статистические параметры;

u — функция «трендового» управления, вид которой определяется в результате замены у статистической функции $f(x; x; \sigma; a; b; m; k)$ [4] одного из параметров — тренда a соответствующей функцией трендового управления.

В теории оптимального управления [1] выделен класс задач динамического программирования, общий вид которых представлен системой уравнений:

$$I_0 = \int_0^T \varphi(x; u; t; \xi) dt \rightarrow \max(\min) \quad (5)$$

— функционал качества управления (критерий);

$$\frac{dx}{dt} = F(x; u; t; \xi) \quad (6)$$

— уравнение динамики процесса;

$$x(t) \in X; \quad u(x; t; \xi) \in U; \quad \xi(t) \in \Xi \quad (7)$$

— область допустимых значений переменных,

где x — фазовое состояние (координата);

u — управление;

ξ — помеха;

$$x(0) = x_0 \text{ при } t = 0; \quad x(T) = x_T \text{ при } t = T \quad (8)$$

— соответственно начальное и конечное состояния объекта управления.

Для этого класса задач разработаны специальные методы получения решений. Однако они позволяют получать решения только для задач, у которых эвристически определены выражения для функционалов $\varphi(x; u; t; \xi)$ и $F(x; u; t; \xi)$, характеризующих соответственно вид критерия оптимальности и динамику процесса. Поэтому при конкретизации вида этих функционалов применительно к задаче программно-целевого прогноза, решаемой по двухэтапной схеме оптимизации, мы выдвигаем такие хозяйственные принципы, в соответствии с которыми следует: 1) управление объектом в динамике показателя КР обеспечивать необходимым «ресурсом управления», своевременно выделяемым за счет отчислений от прибыли и других источников финансирования по нормативу, определяемому достигнутым уровнем показателя КР; 2) в фонде ресурса управления выделять два подфонда: ресурс программного управления и ресурс корректировки планов, обеспечивающий затраты на преодоление хозяйственных помех; 3) достижение цели осуществлять при минимальных затратах на управление (критерий оптимальности подзадачи 1) и обеспечивать стабилизацией отклонений от программного курса, требующих при текущем планировании минимальных дополнительных затрат для преодоления хозяйственных помех (критерий оптимальности подзадачи 2); 4) динамику экономического объекта для любой стохастически допустимой траектории КР определять условием динамического равновесия, зависящим от факторов x , u , ξ и $f(x; t; u)$. Последний отражает картину распределения вероятностей случайных событий с учетом изменений, вызванных управлением. Формализация принципа 4 осуществляется с помощью производящей функции, зависящей от перечисленных факторных переменных, для которой выполняется условие:

$$\frac{d}{dt} \Phi(x; u; t; \xi; f(x; u; t)) \equiv 0, \quad (9)$$

характеризующее группу функциональных движений динамики КР.

На базе тенденций экономической динамики, зависящих от указанных факторов, эвристически определен вид производящей функции:

$$\Phi(x; u; t; \xi; f(x; u; t)) = \frac{x(t) u(x)}{1 + \xi(t)} f(x; u; t). \quad (10)$$

Выполнение условия (9) для функции (10) приводит правую часть уравнения (6) к виду

$$F(x; u; t; \xi) = \frac{\frac{1}{1 + \xi} \frac{\partial \xi}{\partial t} - \frac{\partial}{\partial t} \ln A(t)}{\frac{1}{x} + \frac{\partial}{\partial x} \ln f(x; u; t) + \left[\frac{1}{u} + \frac{\partial}{\partial u} \ln f(x; u; t) \right] \frac{\partial u}{\partial x}}. \quad (11)$$

Как следует из гистограмм 1 и 2, в динамике показателя КР имеются колебания амплитуд, вызванные изменениями хозяйственных усло-

вий функционирования объектов Минлесхоза РСФСР вследствие изменения оптовых цен на продукцию отрасли в 1975 и 1982 гг. Сравнительный анализ динамики показателя КР в рассматриваемый период времени и уравнения динамики (11) подтвердил формализованную этим уравнением зависимость переменной КР от указанных хозяйственных факторов. Вместе с тем этот анализ позволил упростить уравнение (11), заменив в нем производную ее средним значением $\varepsilon = \frac{\partial \xi}{\partial t}$, оцененным по затухающим колебаниям амплитуд отклонений КР от соответствующей усредненной статистической траектории КР, полученной расчетом или графически. Так как, согласно нашему определению, хозяйственную помеху отождествляют с хозяйственным риском, то при ее формализации используют выражения:

$$\xi(t) = C_2 |k(x(t)) - k(x(t)_{\text{прог}})| \quad (12)$$

или

$$\xi(t) = C_2 \left| \frac{dk}{dx}_{\text{прог. тр}} y(t) \right|, \quad (13)$$

где

C_2 — константа размерности;
 $k(x(t)); k(x(t)_{\text{прог}})$ — коэффициенты риска соответственно для произвольной $x(t)$ и программной $x(t)_{\text{прог}}$ траекторий показателя КР;
 $y(t)$ — отклонение от $x(t)_{\text{прог}}$.

Оценку затухающих амплитуд отклонений КР от соответствующей статистической траектории производят по формуле

$$|y(t)| = y_0 e^{-\lambda(t+\tau)},$$

где y_0, λ, τ — соответственно параметры начальной амплитуды отклонения, константы затухания, момента возникновения помехи.

Поэтому оценка средней скорости изменения помехи в предпрогнозный период на момент времени $t = 0$ определяется с точностью до вторых производных выражением

$$\varepsilon = C_2 \left| \frac{dk}{dx}_{\text{стат. тр}} \right| \bar{y}_0 \bar{\lambda} e^{-\bar{\lambda} \tau}, \quad (14)$$

где $\frac{dk}{dx}_{\text{стат. тр}}$ — средняя величина производной коэффициента риска для усредненной статистической траектории КР.

Формализация задачи программно-целевого прогноза хозяйственных ситуаций по показателю КР определяется (в принятых обозначениях) системами уравнений:

для подзадачи 1:

$$I_1 = \int_0^T \{x(t)^2 + [U_0 - C_1 u(x(t))]^2\} dt \rightarrow \max \quad (15)$$

— функционал качества управления (критерий 1);

$$\frac{dx}{dt} = \frac{\varepsilon - \frac{\partial}{\partial t} \ln A(t)}{\frac{1}{x} + \frac{\partial}{\partial x} \ln f(x; u; t) + \left[\frac{1}{u} + \frac{\partial}{\partial u} \ln f(x; u; t) \right] \frac{\partial u}{\partial x}} \quad (16)$$

— уравнение динамики КР для «идеальных» хозяйственных условий;

для $0 \leq t \leq T; x_0 \leq x(t) \leq x_T; -a \leq u(x(t)) \leq \frac{1}{C_1} U_0; \xi(t) = 0$ (17)

— область определения допустимых значений переменных, в которой выделены $x(0) = x_0$ — начальное и $x(T) = x_T$ — конечное состояния;

для подзадачи 2:

$$I_2 = \int_0^T \left(\frac{dy}{dt} \right)^2 dt \rightarrow \min \quad (18)$$

— функционал качества управления при стабилизации отклонений КР (критерий 2);

$$\frac{dy}{dt} = \frac{\partial F}{\partial x}_{\text{прог. тр}} y(t) + \frac{\partial F}{\partial u}_{\text{прог. тр}} [\omega(t) - v(t)] + \frac{\partial F}{\partial \xi}_{\text{прог. тр}} \xi(t) \quad (19)$$

— уравнение динамики отклонений $y(t)$, $\omega(t)$, учитывающее стабилизацию программной траектории КР посредством оператора обратной связи $v(t)$

Для $0 \leq t \leq T$:

$$0 \leq \frac{y(t)^2}{Y_{\text{макс. доп}}^2} + \frac{\omega(t)^2}{W_{\text{макс. доп}}^2} \leq 1; \quad (20)$$

$$0 \leq |v(t)| \leq \frac{1}{C_1} V_0; \quad (21)$$

$$\xi(t) \leq E_{\text{макс. доп}} \quad (22)$$

— область допустимых значений переменных $y(t)$; $\omega(t)$; $v(t)$; $\xi(t)$, в которой выделены $y(0) = 0$, $\xi(0) = 0$ при $t = 0$; $y(T) = 0$, $\xi(T) = 0$ при $t = T$ — соответственно начальное и конечное состояния корректировки плана.

В уравнении (19) производные $\frac{\partial F}{\partial x}$; $\frac{\partial F}{\partial u}$; $\frac{\partial F}{\partial \xi}$ находят дифференцированием выражения (11) с подстановкой $x(t)_{\text{прог}}$; $u(x(t))_{\text{прог}}$; $\xi(t) = 0$, характеризующих программную динамику КР для идеальных хозяйственных условий.

Так как оценка хозяйственного риска согласно выражению (13) производится на основе решения задачи (15) — (22), то методологически необходимо выделить следующие операции: 1) определить систему экономических показателей для расчета КР по отчетным данным; 2) сделать выборку этих показателей из отчетов за ряд лет; 3) рассчитать значения показателя КР для «планового» и «отчетного» состояний (см. подробнее [2]); 4) нанести на гистограмму найденные значения КР для указанных состояний и определить для них методом наименьших квадратов или графически усредненные (сглаженные) статистические плановые и отчетные траектории КР; 5) для отчетных значений КР рассчитать параметры статистической функции $f(x; \bar{x}; \sigma; a; b; m; k)$ (см. подробнее [4]); 6) среди отчетных значений КР выделить две последовательности упорядоченных во времени значений этого показателя и для них рассчитать параметры тренда a и математического ожидания \bar{x} ; 7) определить константу $C_1 = \frac{\Delta x}{\Delta a}$ по величинам смещений параметров для статистических функций $f(x; \bar{x}; \sigma; a; b; m; k)$, оцененных в различные моменты времени; 8) найти параметры затухающих амплитуд отклонений $y(t)$ от усредненной отчетной статистической траектории КР; 9) рассчитать среднюю величину производной $\frac{dk}{dx}_{\text{стат. тр}}$ для отчетной статистической траектории; 10) определить константу C_2 из условия: $C_2 \left| \frac{dk}{dx}_{\text{стат. тр}} \right| = 1$; 11) найти константу ϵ ; 12) определить константу

S_0 преобразования размерности КР в процентах к ее стоимостному выражению, используя для этого оценки отношений приращений главных экономических показателей в стоимостном выражении к приращениям КР в процентах; 13) на основе вычисленных амплитуд $y(t)$ отклонений КР, а также отклонений плановой статистической траектории от отчетной произвести оценку и обоснование под заданную цель требуемых подфондов — «ресурса программного управления» U_0 и «ресурса корректировки планов» V_0 ; 14) в результате подстановки исходных данных в задачу (15)—(22) решить последовательно подзадачи 1 и 2; 15) на основе формулы (13) оценить хозяйственный риск для различных отклонений КР от программной траектории $x(t)_{\text{прог}}$.

Обоснование цели при программно-целевом прогнозе предполагает сопоставление динамики величины КР с затратами, оцениваемыми в пределах ресурса управления по показателю себестоимости продукции или приведенных затрат. При этом цель должна быть обоснована технико-экономическим анализом прошлых состояний производственно-хозяйственной деятельности объекта, а также основными тенденциями изменений в структуре и пропорциях производства, порождаемых научно-техническим прогрессом.

При переходе на интенсивный тип развития динамика показателя КР в прогнозируемом периоде должна носить более крутой характер, выражающийся в увеличении среднегодового прироста показателя КР по сравнению с его среднегодовыми приростами в предыдущие (отчетные) периоды.

На основании статистической обработки динамики КР в период с 1975 г. по 1982 г. нами была выявлена функция плотности распределения вероятностей случайных величин КР

$$f(x) = 0,09212 \exp \left\{ -0,021512 \left(\frac{x - 84,44}{8,19} \right) - 0,470289 \left(\frac{x - 84,44}{8,19} \right)^2 \right\}, \quad (23)$$

где параметры оценены по методике, предложенной в работе [4]. Оценочная «статистическая траектория» в рамках этого периода заключена в интервале 80—100 % при среднем значении КР, равном 84,4 %; при этом оценочный среднегодовой прирост показателя КР составляет 2,2—2,5 % (1 % прироста показателя КР соответствует увеличению выпуска товарной продукции примерно на 15,2 млн р.).

ЛИТЕРАТУРА

- [1]. Монсеев Н. Н. Математические задачи системного анализа.— М.: Наука, 1981. [2]. Подшивалов Г. К. Методика измерения комплексной оценки производственно-хозяйственной деятельности предприятий, объединений и отрасли в целом.— В кн.: Экономика лесного хозяйства, лесной и деревообрабатывающей промышленности.— М., 1983. (Науч. тр./МЛТИ; Вып. 155). [3]. Подшивалов Г. К. Оценка показателя комплексной результативности на основе практики планирования промышленной деятельности Минлесхоза РСФСР.— В кн. Экономика лесного хозяйства, лесной и деревообрабатывающей промышленности.— М., 1984. (Науч. тр./МЛТИ; Вып. 162). [4]. Подшивалов Г. К. Методика обоснования и расчета функций распределения вероятностей для обработки экономических показателей.— Изв. высш. учеб. заведений. Лесн. журн., 1985, № 4. [5]. Подшивалов Г. К. О постановке и формализации задач математического программирования в экономике.— В кн.: Экономика лесного хозяйства, лесной и деревообрабатывающей промышленности.— М., 1985. (Науч. тр./МЛТИ; Вып. 168). [6]. Хозяйственный риск и методы его измерения/ Т. Бачкай, Д. Месена, Д. Мика и др.— М.: Экономика, 1979.

Поступила 27 февраля 1986 г.