УДК 004:330.131.7

Б.А. ДЕМЬЯНЧУК,
доктор технических наук, доцент,
старший научный сотрудник
Военной академии, г. Одесса

В.М. КОСАРЕВ,
кандидат технических наук, доцент
Днепропетровского университета
имени Альфреда Нобеля

ТЕОРИЯ КОМПРОМИССА: МОДЕЛЬ ПОЛЕЗНОСТИ И РИСКА, ЭВРИСТИЧЕСКИЕ РЕШЕНИЯ, ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ПОСЛЕДСТВИЙ

В статье показана целесообразность как рационального, так и эвристического поведения при подготовке и принятии решений. Развита теория компромиссного поведения на основе: модели полезности и риска при антагонистических неопределенностях; учета предпочтений лица, принимающего решения; метода прогнозирования последствий решения.

Ключевые слова: принятие решений в условиях неопределенностей, модели противоборства, функции полезности и риска, прогнозирование последствий решения.

Полезность и риск принимаемых решений в виде выигрыша и потерь зависят от предпочтений лица, принимающего решения [1–4]. В последние десятилетия развернулась научная дискуссия между сторонниками рационального поведения при подготовке и принятии решений и сторонниками учета нерационального поведения лиц, принимающих решения, из-за их «асимметричной реакции на возможные потери и приобретения» [1; 2].

Оппоненты дискуссии, В. Смит и Д. Канеман, занимали противоположные позиции. Однако комитет по Нобелевским премиям в 2002 г. принял объективное решение: они вместе получили Нобелевскую премию [2].

Теория принятия решений и практика подтверждают необходимость и рационального, и эвристического начала. Неизбежны при этом три этапа: этап подготовки решения с помощью модели функции полезности и риска, она должна адекватно отображать связи уровней приобретений и потерь с вероятностями их появления в условиях противодействия конкурентов; этап собственно принятия волевого решения лицом, которое, как правило, «асимметрично реагирует на возможные потери и приобретения»; этап прогнозирования последствий принятого решения путем обработки ограниченной совокупности исходных данных, получаемых, например, в ходе деловой игры, где роль конкурирующей стороны исполняют свои же лица.

Целью статьи является развитие теории целесообразного, компромиссного, поведения, основанного на взаимосвязанном применении этих трех этапов.

На первом, наиболее трудоемком, этапе в качестве основы модели функции полезности и риска, которая описывает приобретения и потери на пути к достижению цели операции, по-видимому, целесообразно выбрать, например, кривую развития логистического типа и для выигрышей, и для потерь.

Второй этап является эвристическим. Он носит сугубо личностный характер. Отображает предпочтения лица, принимающего решения. Затраты времени на реализацию этого этапа меньше, чем на реализацию первого этапа, в среднем примерно в семь раз. Такое предположение основано на общепринятой рекомендации, известной из опыта подготовки и принятия решений: «семь раз отмерь — один раз отрежь!».

Третий этап — не менее трудоемкий, чем первый. Он нацелен на прогнозирование последствий принятого решения. Поскольку эти последствия зависят от совокупности множества неопределенностей случайного и антагонистического характера, то основу для прогнозирования должны составить либо ранее наблюдаемые результаты решения, принятого в аналогичных условиях, либо экспериментально полученные исходные данные о результатах влияния противодействующих факторов на достижимые приобретения и ожидаемые потери. Наконец, основу для решения задачи прогнозирования могут составить результаты специально организованной деловой игры, где роль противоборствующей стороны должны исполнять специально назначенные, заранее подготовленные лица.

Важно отметить, что объективный прогноз развития процесса достижения цели операции, которая выражена прежде всего количественной характеристикой в виде вероятности достижения заданной величины выигрыша и величины потерь под действием как детерминированных, так и случайных факторов, как известно, возможен при условии, что основной механизм, порождающий эти изменения, является постоянно действующим и практически не изменяется [3; 5—7].

Итак, предлагаемая теория основывается на поэтапном построении функции полезности и риска; учете асимметричного отношения ЛПР к потерям и приобретениям; статистическом прогнозировании параметров функции полезности и риска, которая более адекватно учитывает одновременное противодействие факторов, способствующих достижению цели операции, и факторов, препятствующих достижению этой цели.

1. Построение функции полезности и риска

Для построения функции полезности и риска введем в рассмотрение вспомогательную функцию — вероятность f достижения или превышения случайной величиной выигрыша заданного значения этого выигрыша, который равен $v \geq 0$. При этом в условиях противодействия многих факторов вероятность недостижения указанного результата равняется $(1 - f)$.

Считаем, что скорость изменения функции f при изменении ее аргумента v в условиях одновременного противодействия различных случайных факторов пропорциональна произведению указанных вероятностей, взятому с некоторым коэффициентом пропорциональности a_1, который имеет смысл показателя разности интенсивностей противодействия факторов или противоборства конкурентов. В данном случае коэффициент a_1 является положительной величиной, поскольку интенсивность воздействия факторов, способствующих выигрышу, превышает интенсивность воздействия препятствующих факторов.

В рассматриваемой ситуации получаем зависимость, так называемую модель развития зависимости $f(\nu)$, в виде дифференциального уравнения:

$$\frac{df}{d\nu} = \alpha_1 f(1 - f), \quad \nu \geq 0; \quad \alpha_1 > 0; \quad 0 \leq f \leq 1. \tag{1}$$

Решая уравнение (1), например, при начальных условиях $f(v = v_{01}) = 0{,}5$, характерных для некоторого конкретного уровня выигрыша, равного v_{01}, когда ожидаемый успех и неудача равновероятны, получим интегральную зависимость вероятности f превышения случайной величиной выигрыша заданного его уровня, равного v, в виде (рис. 1):

$$f(\nu) = \{1 + \exp[\alpha_1(\nu - \nu_{01})]\}^{-1}, \;\; \nu \ge 0; \;\; \alpha_1 > 0; \;\; \nu_{01} > 0; \;\; 0 \le f \le 1. \qquad (2)$$

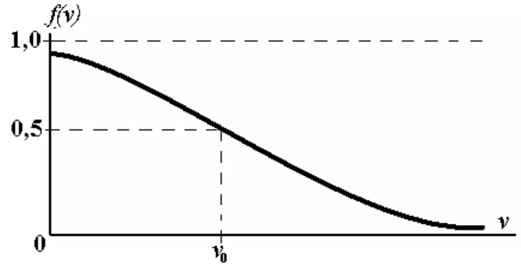

Рис. 1. Зависимость вероятности превышения заданного уровня, равного ν, случайной величиной выигрыша

Введем в рассмотрение новую вспомогательную функцию, а именно, вероятность $(1 - f)$ непревышения случайной отрицательной величиной потерь заданного их уровня, равного $v \le 0$. При этом (в условиях противодействия многих факторов) вероятность превышения указанного уровня потерь равняется f.

Считаем, как и ранее, что скорость изменения функции f при изменении ее аргумента v в условиях одновременного противодействия различных случайных факторов пропорциональна произведению указанных вероятностей, взятому с коэффициентом пропорциональности, который в этом случае является отрицательным, т. е. $a_2 < 0$, поскольку является параметром разности интенсивностей противодействия факторов, так как факторы, которые вызывают потери, естественно, преобладают.

В рассматриваемой ситуации получаем аналогичную, но иную по содержанию зависимость в виде дифференциального уравнения:

$$\frac{df}{d\nu} = \alpha_2 f(1 - f), \;\; \nu \ge 0; \;\; \alpha_2 > 0; \;\; 0 \le f \le 1. \qquad (3)$$

Решая уравнение (3) при начальных условиях $f\,(v = v_{02}) = 0{,}5$, характерных для уровня потерь, равного по абсолютной величине $v_{02} > 0$, когда ожидаемые события превышения и непревышения указанного уровня потерь равновероятны, получим интегральную зависимость вероятности f превышения заданного уровня, равного v, случайной величиной потерь в виде (рис. 2):

$$f(\nu) = \{1 + \exp[\alpha_2(\nu + \nu_{02})]\}^{-1}, \;\; \nu \le 0; \;\; \alpha_2 < 0; \;\; \nu_{02} > 0; \;\; 0 \le f \le 1. \qquad (4)$$

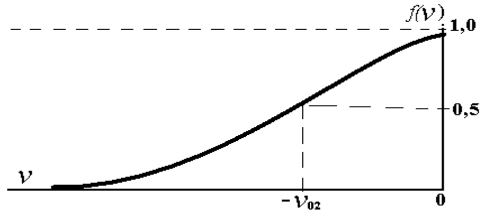

Рис. 2. Зависимость вероятности превышения заданного уровня, равного ν, случайной величиной потерь

При построении функции φ полезности и риска последствий решения, принимаемого ЛПР при асимметричном его отношении к ожидаемым потерям и выигрышу, когда ($\nu_{02} < \nu_{01}$), полученные зависимости (2) и (4) целесообразно представить в виде (рис. 3):

$$\varphi(v, \alpha_1, \alpha_2, v_{02} < v_{01}) = \begin{cases} \{1 + \exp[\alpha_1(\nu - \nu_{01})]\}^{-1}, \ v \geq 0; \ \alpha_1 > 0; \ v_{01} > 0; \ 0 \leq f \leq 1, & (5а) \\ \{1 + \exp[\alpha_2(\nu + \nu_{02})]\}^{-1}, \ v \leq 0; \ \alpha_2 < 0; \ v_{02} > 0; \ 0 \leq f \leq 1. & (5б) \end{cases}$$

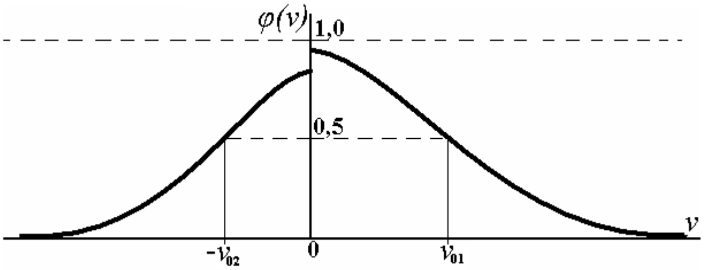

Рис. 3. Общий вид функции полезности и риска принимаемых решений при асимметричном отношении ЛПР к ожидаемым потерям и приобретениям

Поскольку такая функция является разрывной при нулевом значении ее аргумента, далее ее непрерывные ветви целесообразно исследовать по отдельности. Это важно при наличии достаточного набора исходных данных для ее обоснованного построения и особенно важно в условиях асимметричного отношения лица, принимающего решения (ЛПР), к ожидаемым потерям и приобретениям, когда уровень асимметричности его отношения известен.

2. Учет предпочтений ЛПР при различных уровнях неопределенностей

Разности интенсивностей противодействия факторов количественно отображают связь уровня ожидаемого выигрыша (приобретений) $v > 0$ с вероятностью его появления и связь ожидаемого уровня потерь $v < 0$ с вероятностью наблюдения такого уровня. Естественно, зависимость строится путем анализа данных о конкурентах и о своих возможностях в результате объективной оценки обстановки. Однако зависимость функции полезности и риска (рис. 3) носит и субъективный характер, т. к. отображает также личностные взгляды и предпочтения ЛПР.

В условиях противоборства конкурентов, согласно результатам исследований нобелевского лауреата Д. Канемана, проявляется субъективное поведение ЛПР, причина которого состоит в психологических особенностях ЛПР. «Человек боится потерь, то есть его ощущения от потерь и приобретений несимметричны. Люди готовы рисковать, чтобы избежать потерь, но не склонны к риску, чтобы получить выгоду» [1].

Понятно, что в условиях разного уровня неопределенностей в исходных данных это поведение ЛПР (при построении функции полезности и риска $\varphi(\nu)$) должно учитываться неодинаково. По-видимому, чем меньше уровень указанных неопределенностей, тем точнее целесообразно учитывать отличие параметров ν_{01} и ν_{02} (рис. 3).

Из (5а) и (5б) следует, что, если показатель α интенсивности реакции конкурентов точно известен, например, по данным оценки обстановки перед принятием решения (вычисляется как разность интенсивностей мер, принятых конкурентами), то значения функции полезности и риска могут быть вычислены для заданного значения выигрыша и потерь.

Поскольку значения α и v_0 на практике обычно не известны то они должны быть определены методами статистического оценивания по совокупности нескольких дискретных значений, например, вначале для правой ветви функции полезности и риска, взятых в начале координат функции полезности и риска (рис. 3) с учетом предпочтений ЛПР и некоторых ожидаемых им значений выигрыша в интервале их малых значений $[\nu_1 ... \nu_m \geq 0]$. Согласно (5а) эта ветвь функции (5) имеет вид:

$$\varphi(\nu, \alpha, \nu_0) = \{1 + \exp[\alpha(\nu - \nu_0)]\}^{-1},\ \nu \geq 0;\ \ \alpha > 0;\ \ \nu_0 > 0;\ \ 0 \leq f \leq 1. \quad (6)$$

После нахождения, например, методом максимального правдоподобия, оптимальных оценок параметров α и v_0 функции полезности (6), подставим их в функцию (5а). Получив подобные оценки и для левой ветви (5б) функции (5), получим результирующую функцию, которая становится прогнозным трендом последствий принятого решения ЛПР в виде соответствующих зависимостей вероятностей и от уровней потерь, и от уровней приобретений.

3. Алгоритм и погрешности прогнозных оценок максимального правдоподобия параметров функции полезности и риска

Совместные оценки a и v_0, т. е. параметров функции (6) путем статистической обработки нескольких ее дискретных значений, взятых в начале координат, без принятия специальных мер для линеаризации этой функции найти невозможно. Поэтому найдем их в два приема. Вначале по известным дискретным значениям функции (6) на начальном участке ее аргументов $[\nu_1 ... \nu_m \geq 0]$ найдем опорные значения искомых ее параметров:

$$\alpha = \alpha^0;\ \ \nu_0 = \nu_0^0.$$

Пусть известны некоторые значения правой ветви функции полезности и риска:

$$\varphi(\nu_k, \alpha, \nu_0), \forall k = \overline{1, m}\,.$$

Ее значения, взятые на концах интервала при $\nu > 0$, имеют вид:

$$\varphi_{\nu_1} = \varphi(\nu_1, \alpha, \nu_0)\,;\ \ \varphi_{\nu_m} = \varphi(\nu_m, \alpha, \nu_0)\,.$$

Тогда искомые опорные значения параметров функции находим согласно (6) в виде:

$$\alpha^0 = \{\ln\left[(\varphi_1^{-1} - 1)\big/(\varphi_m^{-1} - 1)\right]\} \,/\, (\nu_1 - \nu_m)\,;$$

$$\nu_0^0 = \nu_1 - \left\{\left[\ln(\varphi_1^{-1} - 1)\right](\nu_1 - \nu_m)\right\} \,/\, \ln\left[(\varphi_1^{-1} - 1) \,/\, (\varphi_m^{-1} - 1)\right]. \quad (7)$$

Для отыскания оптимальных оценок параметров a и v_o функции полезности и риска (6) методом максимального правдоподобия с учетом их опорных значений и всех значений на интервале $[\nu_1 ... \nu_m \geq 0]$, известных с заданными погрешностями, введем обозначения:

$$\alpha = \alpha^0 + \Delta\alpha = \alpha_1 = \alpha_1^0 + \Delta\alpha_1;$$

$$v_0 = v_0^0 + \Delta v = \alpha_2 = \alpha_2^0 + \Delta\alpha_2.$$

Разложим функцию (6) в ряд Тэйлора по этим параметрам в окрестности вектора (α^0_1, α^0_2), ограничившись первыми членами ряда. При этом получим:

$$\varphi(v_k)=\varphi_{0,0}(v_k)+\sum_{i=1}^{m}\frac{\partial\varphi(v_k)}{\partial\alpha_i(\alpha_{0,i})}(\alpha_i-\alpha_i^0)= \\ \varphi_{0,0}(v_k)+\varphi_1(v_k)\Delta\alpha_1+\varphi_2(v_k)\Delta\alpha_2, \tag{8}$$

где

$$\varphi_{0,0}(v_k)=\left\{1+\exp\left[\alpha_1^0(\nu_k-\alpha_2^0)\right]\right\}^{-1};$$
$$\varphi_{1k}=\varphi_1(v_k)=-\left\{1+\exp\left[\alpha_1^0(\nu_k-\alpha_2^0)\right]\right\}^{-2}(\nu_k-\alpha_2^0)\exp\left[\alpha_1^0(\nu_k-\alpha_2^0)\right]; \tag{9}$$
$$\varphi_{2k}=\varphi_2(v_k)=-\left\{1+\exp\left[\alpha_1^0(\nu_k-\alpha_2^0)\right]\right\}^{-2}(-\alpha_1^0\exp\left[\alpha_1^0(\nu_k-\alpha_2^0)\right].$$

Для всех ν_1, ..., ν_k , k = (1...*m*) выражения типа (8) составляют систему вида:

$$A^T\Delta\alpha=C, \tag{10}$$

где

$$A=\begin{pmatrix}\varphi_1(v_1)...\varphi_1(v_m)\\ \varphi_2(v_1)...\varphi_2(v_m)\end{pmatrix},\quad \Delta\alpha=\begin{pmatrix}\Delta\alpha_1\\ \Delta\alpha_2\end{pmatrix}, \\ C=\begin{pmatrix}\varphi(v_1)-\varphi_{0,0}(v_1)\\ \dots\dots\dots\dots\\ \varphi(v_m)-\varphi_{0,0}(v_m)\end{pmatrix}. \tag{11}$$

Прежде чем перейти к вычислению вектора искомых оценок параметров, найдем, используя правило Саррюса, определитель информационной матрицы Фишера, который, согласно (10) и (11), равняется:

$$\left|A^TA\right|=\sum_{k=1}^{m}\varphi_1^2(v_k)\sum_{k=1}^{m}\varphi_2^2(v_k)-\left[\sum_{k=1}^{m}\varphi_1(v_k)\varphi_2(v_k)\right]^2. \tag{12}$$

Из (12), имея в виду (9), можно сделать вывод о том, что определитель этой матрицы не равен нулю, следовательно, при решении уравнения (10) можно получить оценки α,ν_0 , обладающие конечной дисперсией.

Учтем неточное описание зависимости (11) на интервале [v_1, v_m]. Значения вектора C содержат ошибку. Следовательно, имеем случайный вектор $C+\delta=$ y.

Его реализация имеет вид:

$$y=C+\delta. \tag{13}$$

Если ошибки описания закономерности $\varphi(v_k)$, $\forall_k=\overline{1,m}$ распределены нормально с нулевым средним значением, то их плотность вероятности имеет вид:

$$\varphi(\delta)=(2\pi)^{-\frac{m}{2}}\left|\Pi\right|^{-\frac{1}{2}}\exp\left\{-\delta^T\Pi^{-1}\delta\right\}. \tag{14}$$

Функция правдоподобия параметров, подлежащих оценке, согласно (14) с учетом (13), равняется:

$$\psi(\Delta\alpha\,/\,y)=(2\pi)^{-\frac{m}{2}}\left|\Pi\right|^{-\frac{1}{2}}\exp\left\{-\frac{1}{2}(y-A\Delta\alpha)^T\Pi^{-1}(y-A\Delta\alpha)\right\}, \tag{15}$$

где $A=A(\alpha^0)$; $y=y(\Delta_{icm},\delta)$.

Для независимых ошибок неравноточного описания закономерности изменения функции полезности и риска $\varphi(v)$ матрица ковариаций и обратная ей являются диагональными:

$$\Pi = \begin{pmatrix} \delta_1^2 & 0 & 0 & \dots 0 \\ 0 & \delta_2^2 & 0 & \dots 0 \\ 0 & 0 & \delta_3^2 & \dots 0 \\ \dots\dots & & & \\ 0 & 0 & 0 & \delta_m^2 \end{pmatrix}; \ \Pi^{-1} = \begin{pmatrix} W_1 & 0 & 0 & \dots 0 \\ 0 & W_2 & 0 & \dots 0 \\ 0 & 0 & W_3 & \dots 0 \\ \dots\dots & & & \\ 0 & 0 & 0 & W_m \end{pmatrix}; \ W_k = \delta_k^{-2}, \tag{16}$$

где δ_k^2 – дисперсия ошибки k-го отсчета $\varphi(v_k)$, равная $\sigma_k^2 = M\left[\delta^2\right]$.

Из (15) после дифференцирования и приравнивания к нулю логарифма производной получается уравнение правдоподобия в виде:

$$(A^T\Pi^{-1}A)\Delta\hat{\alpha} = A^T\Pi^{-1}y. \tag{17}$$

Матрица $(A^T\Pi^{-1}A)^{-1}$, согласно (11) и (17), равняется:

$$(A^T\Pi^{-1}A)^{-1} = \left[\sum_{k=1}^{m} W_k\varphi_{1k}^2 \sum_{k=1}^{m} W_k\varphi_{2k}^2 - \left(\sum_{k=1}^{m} W_k\varphi_{1k}\varphi_{2k}\right)^2\right]^{-1} \times$$

$$\times \begin{pmatrix} \sum\limits_{k=1}^{m} W_k\varphi_{1k}^2 & -\sum\limits_{k=1}^{m} W_k\varphi_{1k}\varphi_{2k} \\ -\sum\limits_{k=1}^{m} W_k\varphi_{1k}\varphi_{2k} & \sum\limits_{k=1}^{m} W_k\varphi_{2k}^2 \end{pmatrix}. \tag{18}$$

В соответствии с (6–9, 17–18) в результате получаются искомые оценки параметров функции полезности и риска (в виде алгоритмов с учетом опорных значений), т. е. оценка параметра α интенсивности реакции конкурентов и оценка параметра v_0, который соответствует половинному уровню функции $\varphi(v, \alpha, v_0)$ полезности и риска решений, принимаемых ЛПР,

$$\begin{pmatrix} \hat{\alpha} \\ \hat{v}_0 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \alpha^0 + \dfrac{\sum\limits_{l=1}^{m}\left[W_1\varphi_{1l}\sum\limits_{l=1}^{m} W_k\varphi_{2k}^2 - W_1\varphi_{2l}\sum\limits_{k=1}^{m} W_k\varphi_{1k}\varphi_{2k}\right]y_1}{\sum\limits_{k=1}^{m} W_k\varphi_{1k}^2\sum\limits_{k=1}^{m} W_k\varphi_{2k}^2 - \left(\sum\limits_{k=1}^{m} W_k\varphi_{1k}\varphi_{2k}\right)^2} \\ v_0^0 + \dfrac{\sum\limits_{l=1}^{m}\left[W_1\varphi_{2l}\sum\limits_{l=1}^{m} W_k\varphi_{1k}^2 - W_1\varphi_{1l}\sum\limits_{k=1}^{m} W_k\varphi_{1k}\varphi_{2k}\right]y_1}{\sum\limits_{k=1}^{m} W_k\varphi_{1k}^2\sum\limits_{k=1}^{m} W_k\varphi_{2k}^2 - \left(\sum\limits_{k=1}^{m} W_k\varphi_{1k}\varphi_{2k}\right)^2} \end{pmatrix}. \tag{19}$$

Дисперсии этих оценок согласно (18) равняются:

$$\sigma^2_{\hat{\alpha}} = \sum_{k=1}^{m} W_k \varphi_{1k}^2 \Bigg/ \left[\sum_{k=1}^{m} W_k \varphi_{1k}^2 \sum_{k=1}^{m} W_k \varphi_{2k}^2 - \left(\sum_{k=1}^{m} W_k \varphi_{1k} \varphi_{2k} \right)^2 \right],$$
$$\sigma^2_{\hat{\nu}_0} = \sum_{k=1}^{m} W_k \varphi_{2k}^2 \Bigg/ \left[\sum_{k=1}^{m} W_k \varphi_{1k}^2 \sum_{k=1}^{m} W_k \varphi_{2k}^2 - \left(\sum_{k=1}^{m} W_k \varphi_{1k} \varphi_{2k} \right)^2 \right]. \quad (20)$$

Подставляя оценки (19) в формулу для функции (5а), а также применяя изложенный аппарат для оценки параметров и левой ветви (5б) функции (5), получим ожидаемую закономерность, т. е. зависимость обобщенной функции полезности и риска (5) от ожидаемых выигрыша и потерь из-за конкурентного противоборства в результате решения, принятого ЛПР с учетом его асимметричного отношения к возможным потерям и приобретениям.

Рассмотрим далее на конкретном примере последовательность прогнозирования параметров функции полезности и риска при наличии исходной информации в условиях асимметричного отношения ЛПР к потерям и приобретениям.

Пример. Пусть в процессе деловой игры практически установлено:

– наблюдаются относительные потери $\nu_k < 0$ с соответствующими вероятностями f_k:

v_k = – 0,5; – 1,0; – 1,5; – 2,0; – 2,5; – 3,0; – 3,5; – 4,0; – 4,5; – 5,0;

f_k = 0,830; 0,828; 0,825; 0,821; 0,815; 0,806; 0,795; 0,782; 0,767; 0,750;

– относительные приобретения $\nu_k > 0$ наблюдаются с другими вероятностями f_k:

v_k = 0,5; 1,0; 1,5; 2,0; 2,5; 3,0; 3,5; 4,0; 4,5; 5,0;

f_k = 0,960; 0,859 0,857; 0,854; 0,850; 0,845; 0,839; 0,832 0,824; 0,815;

– ошибки описания закономерности изменения вероятностей потерь и вероятностей приобретений соизмеримы. Дисперсии ошибок одинаковые и равняются $\delta^2 = 10^{-4}$.

Определить:

1. Параметры α_1, ν_{01}, α_2, ν_{02} функции полезности и риска с учетом наличия исходной информации и асимметричного отношения ЛПР к потерям и приобретениям.

2. Прогнозные зависимости вероятностей потерь и вероятностей приобретений от ожидаемых уровней потерь и приобретений.

3. График функции полезности и риска.

Решение

1. Параметры функции полезности и риска находим в следующей последовательности. Опорные значения для прогнозирования правой ветви функции полезности и риска получим согласно формуле (7) с учетом данных, накопленных в ходе деловой игры в виде:

$$\alpha^0 = \{\ln\left[(\varphi_1^{-1} - 1)/(\varphi_m^{-1} - 1)\right]\} / (\nu_1 - \nu_m) =$$
$$= \left\{\ln\left[(0,960^{-1} - 1)/(0,815^{-1} - 1)\right]\right\} / (0,5 - 5,0) = 0,367;$$
$$\nu_0^0 = \nu_1 - \left\{\left[\ln(\varphi_1^{-1} - 1)\right](\nu_1 - \nu_m)\right\} / \ln\left[(\varphi_1^{-1} - 1) / (\varphi_m^{-1} - 1)\right] =$$
$$= 0,5 - \left\{\left[\ln(0,960^{-1} - 1)\right](0,5 - 5,0\right\} / \ln\left[(0,960^{-1} - 1)/(0,815^{-1} - 1)\right] = 8,937;$$

– подставляем полученные опорные значения в (9) и находим слагаемые ряда Тейлора каждой из десяти дискретных значений правой ветви функции полезности и риска;

– записываем выражения для дискретных значений правой ветви функции полезности и риска в явном виде с учетом дискретных значений аргументов этой функции, взятых из перечня исходных данных;

– подставляя в матрицу (19) и в формулы (20) указанные дискретные значения правой ветви функции полезности и риска вместе с опорными значениями параметров этой ветви и вместе с параметрами дисперсии ошибок ее отсчетов в дискретных значениях аргументов, находим искомые параметры α_1, ν_{01} правой ветви функции полезности и риска (5);

– повторяя все предыдущие пункты аналогичной процедуры для исходных данных о потерях, т. е. о левой ветви (5б) функции полезности и риска, находим искомые параметры α_2, ν_{02} левой ветви функции полезности и риска (5).

2. Подставляя найденные параметры в формулы (5а) и (5б), получаем прогнозные зависимости вероятностей приобретений и вероятностей потерь от ожидаемых уровней соответствующих приобретений и потерь.

3. Строим график результирующей (прогнозной) функции полезности и риска, подобный представленному на рис. 3, с учетом асимметричного отношения ЛПР к уровню ожидаемых потерь и приобретений, представляя в виде совокупности ее исходных дискретных отсчетов функции и полученных ее сплошных значений, полученных в результате оценивания параметров этой функции, в виде, представленном на рис. 4.

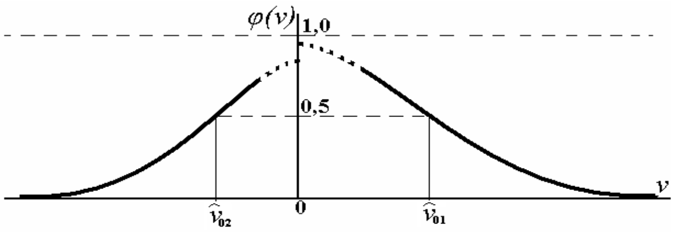

Рис. 4. Вид прогнозной функции полезности и риска, построенной по данным деловой игры при асимметричном отношении ЛПР к потерям и приобретениям

Выводы. 1. Полученные оценки максимального правдоподобия позволяют иметь прогнозные значения функции полезности и риска для выигрыша и потерь произвольного уровня.

2. С помощью найденных прогнозных зависимостей можно оценивать, во-первых, уровень вероятностей достижения заданного уровня выигрыша и потерь; во-вторых, уровень ожидаемых выигрыша и потерь, если задан приемлемый уровень их вероятностей.

3. Практическое применение изложенного инструмента принципиальных трудностей не вызывает, особенно при применении компьютера.

4. Существенно более сложной является задача выяснения объективных исходных данных о зависимости между дискретными значениями функции полезности и риска (построенной с учетом типичной асимметричности отношения ЛПР к потерям и к приобретениям) в дискретных точках аргумента функции при его малых величинах.

5. Погрешности прогнозных значений параметров функции полезности и риска зависят не только от уровня неопределенностей и/или погрешностей в исходных данных, но и от длительности начального интервала наблюдения за-

висимостей $\varphi(\nu, \alpha, \nu_0)$ на этапе подготовки исходных данных для прогнозирования последствий принятого решения.

Список использованной литературы

1. Kahneman D. Prospect theory: An analysis of decisions under risk, 1979 / D. Kahneman, A. Tversky // Econometrica. – 1979. – Vol. 47, No. 2. – P. 263–291.
2. Борисов Ф. «Дэниел Канеман – стратег принятия решений» / Ф. Борисов // Информационно-аналитическая газета – 2011. – № 5 (148), май. – С. 9.
3. Теория прогнозирования и принятия решений / под ред. С.А. Саркисяна. – М.: Высшая школа, 1977. – 351 с.
4. Фишберн П. Теория полезности для принятия решений / П. Фишберн. – М.: Наука, 1978. – 352 с.
5. Марси Д. Стохастическая модель для прогнозирования технологических изменений / Д. Марси // Экономика промышленности: реф. сб. – 1980. – № 1. – С. 22–27.
6. Современные методы научно-технического прогнозирования // Экономическая эффективность авиационной техники. – М., 1974. – С. 3–11.
7. Райфа Г. Анализ решений (введение в проблему выбора в условиях неопределенности): пер. с англ. / Г. Райфа. – М.: Наука, 1977. – 408 с.

У статті показано доцільність раціональної, а також евристичної поведінки під час підготовки і прийняття рішень. Розвинуто теорію компромісної поведінки на основі: моделі корисності та ризику за умов антагоністичних невизначеностей; врахування переваг особи, що приймає рішення; методу прогнозування наслідків рішення.

Ключові слова: прийняття рішень за умов невизначеностей, моделі протиборства, прогнозування наслідків рішення, функції корисності та ризику.

The article shows necessity of both rational and heuristic behavior while preparation and decision-making. Compromise behavior theory has been developed based on: utility and risks model under the antagonistic uncertainty; consideration of preferences of a decision-making person; consequences of a decision prediction method.

Key words: decision-making under the conditions of uncertainty, antagonism models, compromise theory, utility and risks function, prediction of consequences of a decision.

Одержано 15.02.2013.