УДК 68.512+73

Б.А. Демьянчук, В.И. Дяченко

Военная академия, Одесса

МЕТОД ПОДГОТОВКИ РЕШЕНИЙ И ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ПОСЛЕДСТВИЙ

Обоснована целесообразность подготовки, принятия решений и прогнозирования последствий в условиях неопределенностей антагонистического характера на основе построения модифицированной модели противоборства и статистического прогнозирования последствий решения по ограниченной совокупности данных о результатах военных игр.

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

Введение

Полезность и риск принимаемых решений зависят от неопределенностей случайного и антагонистического характера. Ожидаемые величины выигрыша и потерь зависят в значительной степени от предпочтений лица, принимающего решения [1, 2].

Необходимость и рационального, и эвристического начал в процессе принятии решений подтверждается неизбежностью этапов этого процесса, связанных между собой: этапа подготовки решения с помощью традиционных или новых моделей и расчетов; этапа собственно принятия волевого решения лицом, принимающим решения (ЛПР); этапа прогнозирования последствий принятого решения с помощью обработки ограниченной совокупности статистических исходных данных военной или деловой игры.

Первый из этапов – наиболее трудоемкий. Он предполагает объективный учет и описание факторов, которые содействуют достижению цели операции, и факторов, которые противодействуют успеху, а также предполагает некоторую количественную оценку разности интенсивностей противодействия указанных факторов. Эта разность, далее мы убедимся в этом, наиболее существенно влияет на развитие процесса достижения цели операции. В качестве основы адекватного тренда этого процесса, по-видимому, целесообразно выбирать кривую процесса бескомпромиссного противоборства, например, логистического типа.

Второй этап является эвристическим. Он носит сугубо личностный характер. Отображает предпочтения ЛПР. Затраты времени на реализацию этого этапа меньше, чем на реализацию первого этапа в среднем примерно в семь раз. Такое предположение можно оправдать общепринятой рекомендацией, известной из опыта подготовки и принятия решений человеком: «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 исходные данные о результатах влияния противодействия факторов на выигрыши и ожидаемые потери по результатам военной игры или учений.

Важно отметить, что наиболее 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, 4].

Количественной характеристикой результата решения задачи прогнозирования как выигрыша, так и потерь, является функция полезности и риска, описывающая последствия решения, принятого в условиях плохо определенных факторов [4]. В условиях бескомпромиссной борьбы необходимы модели, адекватные этим условиям. Широко известны модели для оценки выигрыша и потерь: Саати, Вентцель, Ланчестера, Неймана и Моргенштерна. Более адекватной для практического применения представляется модель, которая отображает непосредственную связь ожидаемых уровней потерь и приобретений с вероятностями их достижения именно при одновременном воздействии на прогнозируемые зависимости противодействующих факторов или противоборствующих сторон.

Целью статьи является разработка метода подготовки решений и прогнозирования их последствий, построенного на основе моделирования функции полезности и риска, т.е. математического аппарата для логически увязанной реализации содержания вышеуказанных этапов: подготовки решения на основе количественного анализа исходных данных; принятия волевого решения; оценки последствий этого решения.

Основная часть

Вначале целесообразно заняться построением и обсуждением вероятностной математической модели функции полезности и риска, адекватно описывающей выигрыш и потери в условиях бескомпромиссного противоборства с учетом «асимметричного» отношения ЛПР к потерям и приобретениям, а также иллюстрацией статистического прогнозирования параметров и применения новой функции полезности и риска в условиях неточно известных факторов в процессе одновременного воздействия противоборствующих сторон.

Предлагаемый метод основывается: на поэтапном построении функции полезности и риска; на учете «асимметричного» отношения ЛПР к потерям и приобретениям; на статистическом прогнозировании параметров функции полезности и риска, которая более адекватно учитывает одновременное противодействия сторон и 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 превышения заданного значения этого выигрыша, равного $\nu \ge 0$, случайной величиной результата противоборства в виде случайного значения выигрыша. При этом в условиях противодействия многих факторов вероятность недостижимости указанного результата равняется $(1-f)$.

Считаем, что скорость изменения функции f при изменении ее аргумента ν, в условиях одновременного противодействия различных факторов, пропорциональна произведению указанных вероятностей, взятому с некоторым коэффициентом пропорциональности α_1, который имеет смысл показателя разности интенсивностей противодействия факторов или бескомпромиссного противоборства сторон.

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

$$\frac{df}{d\nu} = \alpha_1 f(1-f), \nu \ge 0; \alpha_1 > 0; 0 \le f \le 1. \qquad (1)$$

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

$$\begin{aligned} & f(\nu) = \left\{1+\exp\left[\alpha_1(\nu-\nu_{01})\right]\right\}^{-1}; \\ & \nu \ge 0; \alpha_1 > 0; \quad \nu_{01} > 0; \quad 0 \le f \le 1. \end{aligned} \qquad (2)$$

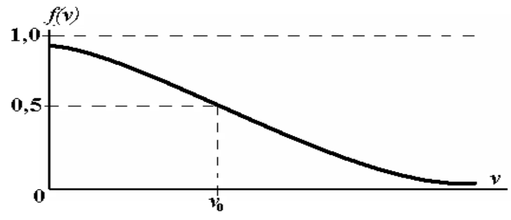

Рис. 1. Зависимость вероятности превышения заданного уровня, равного ν, случайной величиной выигрыша

Введем в рассмотрение новую вспомогательную функцию – вероятность $(1-f)$ *непревышения* заданного уровня потерь в результате противоборства, равных $\nu \le 0$, отрицательной случайной величиной потерь. При этом в условиях бескомпромиссного противодействия многих факторов (в процессе противоборства сторон) вероятность превышения указанного уровня потерь равняется f.

Считаем, как и ранее, что скорость изменения функции f при изменении ее аргумента ν, в условиях одновременного противодействия различных факторов, пропорциональна произведению указанных вероятностей, взятому с коэффициентом пропорциональности, который в этом случае является отрицательным, т.е. $\alpha_2 < 0$, поскольку является параметром разности интенсивностей противодействия факторов. В этом случае факторы, которые вызывают потери, естественно, преобладают.

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

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

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

$$\begin{aligned} & f(\nu) = \left\{1+\exp\left[\alpha_2(\nu+\nu_{02})\right]\right\}^{-1}, \\ & \nu \le 0; \alpha_2 < 0; \quad \nu_{02} > 0; \quad 0 \le f \le 1 \end{aligned} \qquad (4)$$

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):

$$\phi(\nu, \alpha_1, \alpha_2, \nu_{02} < \nu_{01}) = \\ = \begin{cases} \left\{1+\exp\left[\alpha_1(\nu-\nu_{01})\right]\right\}^{-1}, \nu \ge 0; \alpha_1 > 0; 0 \le f \le 1; \\ \left\{1+\exp\left[\alpha_2(\nu+\nu_{02})\right]\right\}^{-1}, \nu \le 0; \alpha_2 < 0; 0 \le f \le 1. \end{cases} \qquad (5)$$

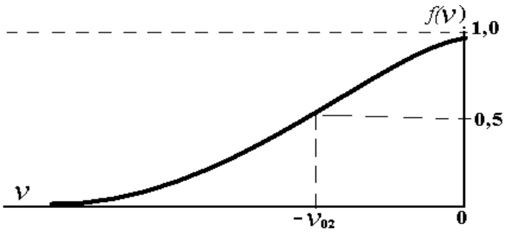

Рис. 2. Зависимость вероятности превышения заданного уровня, равного ν, случайной величиной потерь

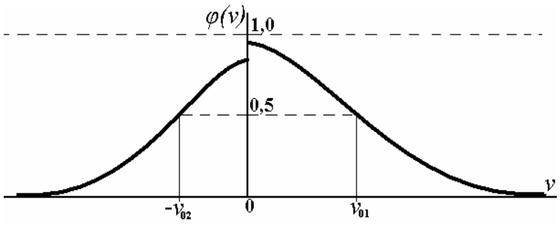

Рис. 3. Общий вид функции полезности и риска принимаемых решений при «асимметричном» отношении ЛПР к ожидаемым потерям и приобретениям

Поскольку такая функция является разрывной при нулевом значении ее аргумента, далее ее непрерывные ветви необходимо исследовать по отдельности. Это важно при наличии достаточного набора исходных данных для ее обоснованного построения и особенно важно в условиях «асимметричного» отношения ЛПР к ожидаемым потерям и приобретениям.

Данная обобщенная функция полезности и риска существенно зависит от уровня «асимметричности» отношения ЛПР к потерям и приобретениям.

Разности интенсивностей противодействия факторов количественно отображают связь уровня ожидаемого выигрыша $\nu > 0$ с вероятностью его появления и связь ожидаемого уровня потерь $\nu < 0$ 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, оставаясь функцией общего вида ожидаемых выигрыша и потерь.

Из (5) следует, что, если показатель α интенсивности реакции конкурентов точно известен, например, по данным оценки обстановки перед принятием решения (он может быть вычислен как разность интенсивностей мер, принимаемых противоборствующими сторонами), значение функции полезности и риска может быть вычислено для заданного значения выигрыша и потерь.

Поскольку параметры α и ν_0 функции полезности и риска на практике обычно неизвестны, то они должны быть определены, например, методами статистического оценивания по совокупности нескольких дискретных значений функции полезности и риска, взятых в начале координат функции полезности и риска (рис. 3) с учетом предпочтений ЛПР и некоторых ожидаемых им значений выигрыша и потерь в интервале их малых значений $\left[\nu_1 ... \nu_m \ge 0\right]$.

Для прогнозирования последствий принимаемого решения в данном случае необходимо осуществить статистическую оценку параметров отдельно правой и отдельно левой ветви этой функции.

В качестве примера ниже осуществим оценку параметров правой ветви функции (5). Согласно (5) эта ветвь функции имеет вид:

$$\begin{gathered} \phi(\nu, \alpha, \nu_0) = \left\{1 + \exp\left[\alpha(\nu - \nu_0)\right]\right\}^{-1}, \\ \nu \ge 0; \alpha > 0; \nu_0 > 0; 0 \le f \le 1 \end{gathered} \qquad (6)$$

После нахождения, например, методом максимального правдоподобия, оптимальных оценок параметров α и ν_0 функции полезности (6), подставим их в (5).

После подобной процедуры и для левой ветви функции (5), получим результирующую функцию, которая, в условиях неопределенности в исходных данных, станет прогнозным трендом последствий принятого решения ЛПР в виде соответствующих закономерностей, которые связывают уровни потерь и уровни приобретений с вероятностями их появления.

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

Совместные оценки α и ν_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 $\left[\nu_1 ... \nu_m \ge 0\right]$ найдем опорные значения искомых ее параметров $\alpha = \alpha^0$; $\nu_0 = \nu_0^0$.

Пусть известны некоторые значения правой ветви функции полезности и риска $\phi(\nu_k, \alpha, \nu_0), \forall k = \overline{1, m}$.

Ее значения, взятые на концах интервала при $\nu > 0$, имеют вид $\phi_{\nu_1} = \phi(\nu_1, \alpha, \nu_0)$; $\phi_{\nu_m} = \phi(\nu_m, \alpha, \nu_0)$.

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

$$\alpha^0 = \left\{ \ln\left[(\phi_1^{-1} - 1) \big/ (\phi_m^{-1} - 1) \right] \right\} / (\nu_1 - \nu_m);$$

$$\nu_0^0 = \nu_1 - \left\{ \left[\ln(\phi_1^{-1} - 1) \right] (\nu_1 - \nu_m) \right\} / \ln\left[(\phi_1^{-1} - 1) / (\phi_m^{-1} - 1) \right]. \quad (7)$$

Для отыскания оптимальных оценок параметров α и ν_0 функции полезности и риска (6) методом максимального правдоподобия с учетом их опорных

значений и всех значений на интервале $\left[\nu_1...\nu_m \geq 0\right]$, известных с заданными погрешностями, введя обозначения
$\alpha = \alpha^0 + \Delta\alpha = \alpha_1 = \alpha_1^0 + \Delta\alpha_1$,
$\nu_0 = \nu_0^0 + \Delta\nu = \alpha_2 = \alpha_2^0 + \Delta\alpha_2$, разложим функцию (6) в ряд Тэйлора по этим параметрам в окрестности вектора ($\alpha_1^0\alpha_2^0$), ограничившись первыми членами ряда. При этом получим:

$$\begin{aligned}\phi(\nu_k) &= \phi_{0,0}(\nu_k) + \sum_{i=1}^{m}\frac{\partial\phi(\nu_k)}{\partial\alpha_i(\alpha_{0,i})}(\alpha_i - \alpha_i^0) = \\ &= \phi_{0,0}(\nu_k) + \phi_1(\nu_k)\Delta\alpha_1 + \phi_2(\nu_k)\Delta\alpha_2\end{aligned}, \qquad (8)$$

где

$$\begin{aligned}&\phi_{0,0}(\nu_k) = \left\{1+\exp\left[\alpha_1^0(\nu_k - \alpha_2^0)\right]\right\}^{-1};\\ &\phi_{1k} = \phi_1(\nu_k) = -\left\{1+\exp\left[\alpha_1^0(\nu_k - \alpha_2^0)\right]\right\}^{-2}(\nu_k - \alpha_2^0)\exp\left[\alpha_1^0(\nu_k - \alpha_2^0)\right];\\ &\phi_{2k} = \phi_2(\nu_k) = -\left\{1+\exp\left[\alpha_1^0(\nu_k - \alpha_2^0)\right]\right\}^{-2}(-\alpha_1^0)\exp\left[\alpha_1^0(\nu_k - \alpha_2^0)\right];\end{aligned} \qquad (9)$$

Для всех $\nu_1,...,\nu_k, k = \overline{1,m}$ выражения типа (8) составляют систему вида

$$A\Delta\alpha = C, \qquad (10)$$

$$A = \begin{pmatrix}\phi_1(\nu_1)...\phi_1(\nu_m)\\ \phi_2(\nu_1)...\phi_2(\nu_m)\end{pmatrix}, \Delta\alpha = (\frac{\Delta\alpha_1}{\Delta\alpha_2});$$

где

$$C = \begin{pmatrix}\phi(\nu_1)...\phi_{0,0}(\nu_1)\\ ....\\ \phi(\nu_m)...\phi_{0,0}(\nu_m)\end{pmatrix}. \qquad (11)$$

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

$$\left|A^TA\right| = \sum_{k=1}^{m}\phi_1^2(\nu_k)\sum_{k=1}^{m}\phi_2^2(\nu_k) - \left[\sum_{k=1}^{m}\phi_1(\nu_k)\phi_2(\nu_k)\right]^2. \qquad (12)$$

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, обладающие конечной дисперсией.

Учтем неточное описание зависимости (11) на интервале $\left[\nu_1...\nu_m\right]$. Значения вектора C содержат ошибку. Следовательно, имеем случайный вектор $C + \delta = y$. Его реализация имеет вид

$$y = C + \delta. \qquad (13)$$

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

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

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

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

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

Для независимых ошибок неравноточного описания закономерности изменения функции полезности и риска $\phi(\nu)$ матрица ковариаций и обратная ей являются диагональными.

$$\Pi = \begin{pmatrix}\delta_1^2 & 0 & 0 & ... & 0\\ 0 & \delta_2^2 & 0 & ... & 0\\ 0 & 0 & \delta_3^2 & ... & 0\\ .... \\ 0 & 0 & 0 & & \delta_m^2\end{pmatrix}; \quad \Pi^{-1} = \begin{pmatrix}W_1 & 0 & 0 & ... & 0\\ 0 & W_2 & 0 & ... & 0\\ 0 & 0 & W_3 & ... & 0\\ .... \\ 0 & 0 & 0 & & W_m\end{pmatrix};, \qquad (16)$$

$$W_k = \delta_k^{-2}$$

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

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

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

Матрица $(A^T\Pi^{-1}A)^{-1}$ согласно (11) и (16) равняется:

$$\begin{aligned}(A^T\Pi^{-1}A)^{-1} &= \left[\sum_{k=1}^{m}W_k\phi_{1k}^2\sum_{k=1}^{m}W_k\phi_{2k}^2 - \left(\sum_{k=1}^{m}W_k\phi_{1k}\phi_{2k}\right)^2\right]^{-1}\times\\ &\times\begin{pmatrix}\sum_{k=1}^{m}W_k\phi_{1k}^2 & -\sum_{k=1}^{m}W_k\phi_{1k}\phi_{2k}\\ -\sum_{k=1}^{m}W_k\phi_{1k}\phi_{2k} & \sum_{k=1}^{m}W_k\phi_{2k}^2\end{pmatrix}.\end{aligned} \qquad (18)$$

В соответствии с (6) – (9), (16) – (18) в результате получаются (в виде алгоритмов с учетом опорных значений) искомые оценки параметров функции полезности и риска, т.е. оценка параметра α интенсивности реакции противоборствующих сторон и оценка параметра ν_0, который соответствует половинному уровню функции $\phi(\nu,\alpha,\nu_0)$ полезности и риска решений, принимаемых ЛПР в условиях неопределенностей случайного и антагонистического характера с учетом «асимметричного» отношения ЛПР к достижимым приобретениям и ожидаемым потерям.

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

Дисперсии этих оценок согласно (18) равняются:

$$\sigma_{\hat{\alpha}}^2 = \\ = \sum_{k=1}^{m}W_k\phi_{1k}^2 \Bigg/ \left[\sum_{k=1}^{m}W_k\phi_{1k}^2\sum_{k=1}^{m}W_k\phi_{2k}^2 - \left(\sum_{k=1}^{m}W_k\phi_{1k}\phi_{2k}\right)^2\right]; \\ \sigma_{\hat{v}_0}^2 = \\ = \sum_{k=1}^{m}W_k\phi_{2k}^2 \Bigg/ \left[\sum_{k=1}^{m}W_k\phi_{1k}^2\sum_{k=1}^{m}W_k\phi_{2k}^2 - \left(\sum_{k=1}^{m}W_k\phi_{1k}\phi_{2k}\right)^2\right]. \qquad (20)$$

Подставляя оценки (19) в формулу для функции (6) и, следовательно, в (5, 1-я ветвь), и повторив аналогичную методику оценки прогнозных значений параметров для левой ветви функции, т.е. для (5, 2-я ветвь), получаем ожидаемую закономерность, т.е. зависимость обобщенной функции полезности и риска (5) от ожидаемых выигрыша и потерь из-за бескомпромиссного противоборства в результате решения, принятого ЛПР в условиях неопределенности в исходных данных с учетом «асимметричного» отношения ЛПР к возможным потерям и приобретениям.

Пример. В процессе военной игры, в условиях «асимметричного» отношения ЛПР к ожидаемым потерям и приобретениям, практически установлено:

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

ν_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;

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

ν_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 вероятностей потерь и вероятностей приобретений – соизмеримы, дисперсии ошибок, например, являются одинаковыми 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 «ассиметричного» отношения ЛПР к потерям и приобретениям.

2. Прогнозные закономерности, которые связывают вероятности потерь и вероятности приобретений с ожидаемыми уровнями потерь и приобретений.

3. График функции полезности и риска.

Решение

1. Параметры функции полезности и риска находим в следующей последовательности.

Опорные значения для прогнозирования параметров правой ветви функции полезности и риска находим согласно формулам (7) с учетом данных, полученных в ходе военной игры в виде:

$$\alpha^0\left\{\ln\left[(\phi_1^{-1}-1)/(\phi_m^{-1}-1)\right]\right\}/(\nu_1-\nu_m) = \\ = \left\{\ln\left[(0,960^{-1}-1)/(0,815^{-1}-1)\right]\right\}/(0,5-5,0) = \\ = 0,367;$$

$$\nu_0^0 = \nu_1 - \left\{\left[\ln(\phi_1^{-1}-1)\right](\nu_1-\nu_m)\right\}/\ln\left[(\phi_1^{-1}-1)/(\phi_m^{-1}-1)\right] = \\ 0,5 - \left\{\left[\ln(0,960^{-1}-1)\right](0,5-5,0)\right\}/\ln\left[(0,960^{-1}-1)/(0,815^{-1}-1)\right] = 8,937.$$

– 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;

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

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

3. Строим график функции полезности и риска с учетом «асимметричного» отношения ЛПР к уровню ожидаемых потерь и приобретений на основе исходных данных, полученных в результате военной игры, представляя в виде совокупности исходных дискретных отсчетов функции и в виде сплошных значений, полученных в результате статистического оптимального оценивания параметров функции полезности и риска, в виде (рис. 4).

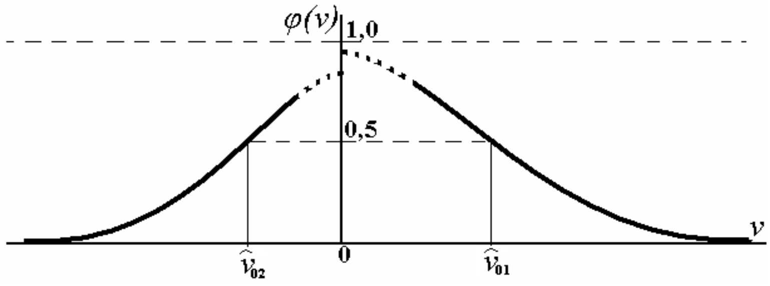

Рис. 4. Общий вид функции полезности и риска принимаемых решений, построенной по данным военной игры (учений) при «асимметричном» отношении ЛПР к потерям и приобретениям

Сравнивая результирующие уровни потерь и приобретений с ожидаемыми их приемлемыми значениями, принимаем адекватные меры, которые соответствовали бы поставленной цели операции, в условиях боевого противоборства с учетом отношения ЛПР к допустимому уровню потерь при приемлемом уровне приобретений.

Выводы

1. 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.

2. Практическое применение изложенного инструмента принципиальных трудностей не вызывает. Кроме того, появляется реальная возможность учитывать при решении задачи текущие изменения условий боевого противоборства в реальном масштабе времени, особенно при применении компьютера.

3. Существенно более сложной является проблема 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.

4. 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 зависимостей $\phi(\nu, \alpha, \nu_0)$ на этапе подготовки исходных данных для прогнозирования последствий принятого решения.

Список литературы

1. Kahneman D., Tversky A. Prospect theory: An analysis of decisions under risk, 1979 // Econometrica. – 1979. – Vol. 47, No. 2. – P. 263-291.

2. Борисов Ф. «Дэниел Канеман – стратег принятия решений» // Информационно-аналитическая газета. – № 5(148). – Май 2011. – С. 9.

3. Марти Д.. Стохастическая модель для прогнозирования технологических изменений: Реф. сб. „Экономика промышленности. – 1980. – №1.– С. 22-27.

4. Современные методы научно-технического прогнозирования // Экономическая эффективность авиационной техники. – М., 1974. – С. 3-11.

Поступила в редколлегию 21.11.2013

Рецензент: д-р техн. наук, проф. В.В. Скачков, Военная академия, Одесса.

МЕТОД ПІДГОТОВКИ РІШЕНЬ І ПРОГНОЗУВАННЯ НАСЛІДКІВ

Б.О. Дем'янчук, В.І. Дяченко

Обґрунтована доцільність підготовки, прийняття рішень і прогнозування наслідків в умовах невизначеностей антагоністичного характеру на основі побудови модифікованої моделі протиборства і статистичного прогнозування наслідків вирішення за обмеженою сукупністю даних про результати військових ігор.

Ключові слова: *прийняття рішень в умовах невизначеностей, моделі протиборства, прогнозування наслідків рішення, функції корисності і ризики.*

METHOD OF PREPARATION OF DECISIONS AND PROGNOSTICATION OF CONSEQUENCES

B.O. Demyanchuk, V.I. Dyachenko

Expedience of preparation, making a decision and consequences prognostication in the conditions of uncertainance of antagonistic character on the basis of construction of the modified model of opposing and hindcasting consequences of decision on the limited aggregate of information about the results of war-games is grounded.

Keywords: *making a decision in the conditions of vagueness, opposing models, prognostication of consequences of decision, functions of utility and risk.*