УДК 007.52,519.816



**Н. Д. Панкратова, Н. И. Недашковская**

# Экспертное оценивание многофакторных рисков в технологическом предвидении

*(Представлено академиком НАН Украины М. З. Згуровским)*

*The multiple-factor risk evaluation in the technology foresight of prospects of the evolution of complex innovation systems is proposed. The risk of unpredictable situations and the force majeure risk are analyzed with the help of the modified BOCR AHP methodology. A system of indices for information risk evaluation on different information levels, such as point, interval and fuzzy expert estimates taking into account the probability distribution of expert information is developed.*

Для современных сложных систем очень важны проблемы технологического предвидения новых направлений и тенденций глобализации инновационного производства в условиях неопределенности и рисков [1–5].

Предлагается методология оценивания многофакторных рисков в процессе технологического предвидения перспектив развития сложных инновационных систем. Исследуются группы факторов риска: непрогнозируемых ситуаций, форс-мажорного и риска субъективности экспертной информации (информационный риск). Первые две группы факторов риска предлагается анализировать с использованием модифицированной методики BOCR для метода анализа иерархий (МАИ) [6–8]. Эта методика позволяет решать задачи распознавания, классификации и ранжирования факторов ситуционного и форс-мажорного риска. Обосновывается целесообразность использования МАИ для оценивания информационного риска. Разрабатывается система показателей оценивания информационного риска на разных уровнях информированности лица, принимающего решение, при известных точечных, интервальных и нечетких экспертных оценках с учетом известного закона распределения экспертной информации.

**Модификация методики BOCR для оценивания возможностей, рисков и принятия решений.** Известен $T^{\pm}$ как временной ресурс заданного или прогнозируемого периода для принятия решения. Наблюдение процесса принятия решения во времени с помощью МАИ состоит в необходимости пересмотра иерархических структур относительно доходов, затрат, возможностей и рисков на протяжении установленного временного ресурса $T^{\pm}$. Пусть $G = \{g\}$ — главная цель исследования и принятия решения; $A^{\tau} = \{A_i^{\tau} \mid i \in \in [1; N_a^{\tau}]\}$ — множество альтернативных вариантов решений в момент времени $T_{\tau} \in T^{\pm}$; $F^{\tau} = \{F_j^{\tau} \mid j \in [1; N_f^{\tau}]\}$ — множество факторов, влияющих на главную цель исследования в момент времени $T_{\tau} \in T^{\pm}$.

Проведем классификацию факторов $F^{\tau}$ на четыре группы: $F_B^{\tau}$ — факторы доходов, которые будут получены в результате принятия решения, $F_B^{\tau} = \{F_{Bj}^{\tau} \mid j \in [1; N_B^{\tau}]\}$; $F_C^{\tau}$ — факторы затрат, которые будут осуществлены в результате принятия решения, $F_C^{\tau} = \{F_{Cj}^{\tau} \mid j \in \in [1; N_C^{\tau}]\}$; $F_O^{\tau}$ — факторы неопределенных возможных доходов, которые будут получены в результате принятия решения, $F_O^{\tau} = \{F_{Oj}^{\tau} \mid j \in [1; N_O^{\tau}]\}$; $F_R^{\tau}$ — факторы ситуационных и форс-мажорных рисков, которые влияют на процесс и результат принятия решения,

$F_R^\tau = \{F_{Rj}^\tau \mid j \in [1; N_R^\tau]\}$. Построим четыре иерархии: доходов ($H_B^\tau$), затрат ($H_C^\tau$), возможностей ($H_O^\tau$) и рисков ($H_R^\tau$). Первые уровни этих иерархий создают соответственно факторы $F_B^\tau$, $F_C^\tau$, $F_O^\tau$, $F_R^\tau$ рассматриваемых качеств. Признаки, которыми характеризуются факторы, образуют следующие уровни соответствующих иерархий. Количество $p_R^\tau$ уровней в иерархии рисков, а $N_{R_k}^\tau$ — количество элементов $k$-го уровня иерархии рисков, $R_k \in [1; p_R^\tau]$; $p_B$, $p_C^\tau$, и $p_O^\tau$ — количество уровней соответственно в иерархиях доходов, затрат и возможностей; $N_{B_k}$, $N_{C_k}$, $N_{O_k}$ — количество элементов $k$-го уровня иерархий доходов, затрат и возможностей, $B_k \in [1; p_B^\tau]$, $C_k \in [1; p_C^\tau]$, $O_k \in [1; p_O^\tau]$ аналогично. $w_{R_k}^\tau = \{w_{R_kj}^\tau \mid j \in [1; N_{R_k}^\tau]\}$ — вектор весов элементов $k$-го уровня иерархии рисков в момент времени $T_\tau \in T^\pm$, $w_{B_k}^\tau = \{w_{B_kj}^\tau \mid j \in$ $\in [1; N_{B_k}^\tau]\}$, $w_{C_k}^\tau = \{w_{C_kj}^\tau \mid j \in [1; N_{C_k}^\tau]\}$, $w_{O_k}^\tau = \{w_{O_kj}^\tau \mid j \in [1; N_{O_k}^\tau]\}$ — векторы весов элементов $k$-го уровня соответственно иерархий доходов, затрат и возможностей в момент времени $T_\tau \in T^\pm$. Векторы весов $w_{B_k}^\tau$, $w_{C_k}^\tau$, $w_{O_k}^\tau$, $w_{R_k}^\tau$ являются нечеткими и рассчитываются с помощью рассматриваемой ниже методологии обработки нечеткой экспертной информации на базе МАИ.

Исходя из введенных обозначений, $w_{R_{p_R}}^\tau = \{w_{R_{p_R}j}^\tau \mid j \in [1; N_{R_p}^\tau]\}$ является вектором весов элементов последнего уровня иерархии рисков; аналогично $w_{B_{p_B}}^\tau = \{w_{B_{pB}j}^\tau \mid j \in$ $\in [1; N_{B_p}^\tau]\}$, $w_{C_{pC}}^\tau = \{w_{C_{pC}j}^\tau \mid j \in [1; N_{C_p}^\tau]\}$ и $w_{O_{pO}}^\tau = \{w_{O_{pO}j}^\tau \mid j \in [1; N_{O_p}^\tau]\}$ являются векторами весов элементов последних уровней иерархий доходов, затрат и возможностей.

Альтернативные варианты решений будем оценивать не по всем элементам последних уровней иерархий $H_B^\tau$, $H_C^\tau$, $H_O^\tau$, $H_R^\tau$, а по их контрольным признакам. Для нахождения контрольных признаков следует установить порог значимости относительного веса: если вес элемента последнего уровня иерархии превышает установленный порог, то этот элемент является контрольным признаком. Контрольные признаки иерархии рисков в момент времени $T_\tau \in T^\pm$ $e_R^\tau = \{e_{Rj}^\tau \mid j \in [1; N_R^{\text{контр}\tau}]\}$. Аналогично, $e_B^\tau = \{e_{Bj}^\tau \mid j \in [1; N_B^{\text{контр}\tau}]\}$, $e_C^\tau = \{e_{Cj}^\tau \mid j \in [1; N_C^{\text{контр}\tau}]\}$, $e_O^\tau = \{e_{Oj}^\tau \mid j \in [1; N_O^{\text{контр}\tau}]\}$ — контрольные признаки иерархий доходов, затрат и возможностей.

Построим $N^{\text{контр}\tau} = N_B^{\text{контр}\tau} + N_C^{\text{контр}\tau} + N_O^{\text{контр}\tau} + N_R^{\text{контр}\tau}$ иерархий, вершинами которых являются контрольные признаки доходов, затрат, возможностей и рисков. Последние уровни этих иерархий формируют альтернативные варианты решений. Другие уровни содержат акторов (заинтересованных в принятии или непринятии решения лиц), их цели, подцели, планы, и т. п.

Нечеткие относительные веса альтернатив по контрольным признаками рисков в момент времени $T_\tau \in T^\pm$ обозначим $w_R^{\text{альт}\tau} = \{w_{Ri}^{\text{альт контр}\tau} \mid i \in [1; N_a^\tau]\}$, $w_{Ri}^{\text{альт контр}\tau} =$ $= \{w_{Rij_R}^{\text{альт контр}\tau} \mid j_R \in [1; N_R^{\text{контр}\tau}]\}$. Аналогично, $w_B^{\text{альт}\tau} = \{w_{Bi}^{\text{альт контр}\tau} \mid i \in [1; N_a^\tau]\}$, $w_C^{\text{альт}\tau} = \{w_{Ci}^{\text{альт контр}\tau} \mid i \in [1; N_a^\tau]\}$ и $w_O^{\text{альт}\tau} = \{w_{Oi}^{\text{альт контр}\tau} \mid i \in [1; N_a^\tau]\}$ — нечеткие относительные веса альтернатив по контрольным признаками доходов, затрат и возможностей. Для нахождения нечетких весов $w_{Bij_B}^{\text{альт контр}\tau}$, $w_{Cij_C}^{\text{альт контр}\tau}$, $w_{Oij_O}^{\text{альт контр}\tau}$, $w_{Rij_R}^{\text{альт контр}\tau}$ (локальных весов), $i \in [1; N_a^\tau]$, $j_B \in [1; N_B^{\text{контр}\tau}]$, $j_C \in [1; N_C^{\text{контр}\tau}]$, $j_O \in [1; N_O^{\text{контр}\tau}]$, $j_R \in [1; N_R^{\text{контр}\tau}]$ предлагается использовать разработанную авторами методологию обработки нечеткой экспертной информации на базе МАИ. Зная локальные веса альтернатив относительно каждого контрольного признака, можно рассчитать веса $w_B^{\text{альт}\tau}$, $w_C^{\text{альт}\tau}$, $w_O^{\text{альт}\tau}$, $w_R^{\text{альт}\tau}$ альтернатив относительно качеств доходов, затрат, возможностей и рисков.

Теперь необходимо оценить важность самих качеств в данной конкретной задаче принятия решений. Для этого формируется иерархия так называемых стратегических факторов, которые будут использоваться для определения нечетких весов качеств. Веса качеств в момент времени $T_\tau \in T^{\pm}$ будем обозначать $w_B^\tau$, $w_C^\tau$, $w_O^\tau$, $w_R^\tau$. При известных нечетких весах $w_B^{\text{альт}\tau}$, $w_C^{\text{альт}\tau}$, $w_O^{\text{альт}\tau}$, $w_R^{\text{альт}\tau}$ альтернатив относительно каждого качества и нечетких весах $w_B^\tau$, $w_C^\tau$, $w_O^\tau$, $w_R^\tau$ самих качеств вычисляются нечеткие глобальные веса альтернатив относительно главной цели принятия решения. Глобальные веса альтернатив будем обозначать $w^{\text{альт}\tau} = \{w_i^{\text{альт}\tau} \mid i \in [1; N_a^\tau]\}$.

Поскольку глобальные веса являются нечеткими, то для определения порядка на множестве альтернатив необходимо использовать метод ранжирования нечетких весов. Предложенный для этого метод основан на определении подмножеств недоминируемых нечетких весов и включает оценивание степени доверия к полученному ранжированию.

**Методология обработки нечеткой экспертной информации.**

**Определение 1.** Нечеткой матрицей парных сравнений (НМПС) назовем матрицу парных сравнений (МПС) $A^{\text{неч}} = \{(a_{ij}^{\text{неч}}) \mid i = \overline{1,n},\ j = \overline{1,n}\}$, для которой $a_{ij}^{\text{неч}} = (x, \mu_{ij}(x))$ является нормальным нечетким множеством (нечетким числом) и отображает результат парного сравнения объектов $O_i$ и $O_j$, $x \in \mathrm{R}$, где R — множество действительных чисел. Значение функции принадлежности $\mu_{ij}(x)$ нечеткого множества $a_{ij}^{\text{неч}}$ является степенью выполнения предпочтения $O_i \underline{\succ} O_j$, причем результат сравнения объекта $O_i$ с самим собой равен единице, т. е. $a_{ii} = 1$.

**Задача.**

Известна НМПС $A^{\text{неч}}$, сформированная по оценкам экспертов.

Требуется определить:

меру согласованности экспертной информации, представленной в НМПС $A^{\text{неч}}$;

вектор нечетких весов $w^{\text{неч}} = \{(w_i^{\text{неч}}) \mid i = \overline{1,n}\}$, который отображает предпочтения, записанные в НМПС $A^{\text{неч}}$; координата $w_i^{\text{неч}}$ этого вектора является нормальным нечетким множеством;

порядок ранжирования нечетких множеств $w_i^{\text{неч}}$;

степень доверия к полученному ранжированию.

Общий подход к решению поставленной задачи заключается в использовании декомпозиционного представления нечеткого числа, которое позволяет перейти к работе с множеством интервалов. Рассмотрим интервальные матрицы парных сравнений (ИМПС)

$$A = \{(a_{ij}) \mid a_{ij} = [l_{ij}, u_{ij}],\ i = \overline{1,n},\ j = \overline{1,n}\},$$

где $l_{ij} = m_{ij} - x1_{ij}$; $u_{ij} = m_{ij} + x2_{ij}$; $m_{ij}$ — наиболее вероятное значение интервала; $x1_{ij}$, $x2_{ij}$ — отклонения от $m_{ij}$, $x1_{ij} \geqslant 0$, $x2_{ij} \geqslant 0$, которые показывают степень неопределенности, связанную с приближенным равенством $m_{ij} \approx w_i/w_j$.

**Определение 2.** ИМПС $A$ называется согласованной, если допустимая область

$$W = \left\{ w = (w_1, \dots, w_n) \;\middle|\; l_{ij} \leqslant \frac{w_i}{w_j} \leqslant u_{ij}, w_i > 0, w_j > 0, i = \overline{1,n}, j = \overline{1,n}, \sum_{k=1}^{n} w_k = 1 \right\}$$

является непустой [9].

Если ИМПС $A$ является несогласованной, то не существует такого вектора весов, чтобы неравенство $l_{ij} \leqslant w_i/w_j \leqslant u_{ij}$ выполнялось для $\forall i = \overline{1,n}$, $j = \overline{1,n}$. В этом случае предположим, что оцененные веса $w_i$ будут удовлетворять последнему неравенству нечетко, приближенно. Например, отношение весов $w_i/w_j$ гарантировано попадает в некоторый расширенный интервал

$$(1 - \delta 1_{ij}) l_{ij} \leqslant \frac{w_i}{w_j} \leqslant (1 + \delta 2_{ij}) u_{ij}, \qquad \forall\, i = \overline{1,n}, \qquad j = \overline{1,n}, \tag{1}$$

где $0 \leqslant \delta 1_{ij} < 1$, $0 \leqslant \delta 2_{ij} < 1$ — величины отклонений. И чем меньшими являются величины отклонений $\delta 1_{ij}$, $\delta 2_{ij}$, тем большей является степень согласованности ИМПС. Отметим особо, что для согласованной ИМПС величины всех отклонений равны нулю, т. е. $\delta 1_{ij} = \delta 2_{ij} = 0$ $\forall i = \overline{1,n}$, $j = \overline{1,n}$.

Для нахождения наименьших значений отклонений, при которых выполняется неравенство (1), предлагается следующая задача нелинейного программирования.

Определить значение

$$\min \delta(\delta 1, \delta 2) = \sum_{i=1}^{n-1} \sum_{j=i+1}^{n} (\delta 1_{ij} + \delta 2_{ij}) \tag{2}$$

при ограничениях

$$\frac{w_i}{w_j} \geqslant l_{ij}(1 - \delta 1_{ij}), \qquad i = \overline{1, n-1}, \qquad j = \overline{i+1, n}, \tag{3}$$

$$\frac{w_i}{w_j} \leqslant u_{ij}(1 + \delta 2_{ij}), \qquad i = \overline{1, n-1}, \qquad j = \overline{i+1, n}, \tag{4}$$

$$0 \leqslant \delta 1_{ij} < 1, \qquad i = \overline{1, n-1}, \qquad j = \overline{i+1, n}, \tag{5}$$

$$0 \leqslant \delta 2_{ij} < 1, \qquad i = \overline{1, n-1}, \qquad j = \overline{i+1, n}, \tag{6}$$

$$0 < w_i < 1, \qquad i = \overline{1, n}, \tag{7}$$

$$0 < \frac{1}{n} \sum_{i=1}^{n} w_i \leqslant 1. \tag{8}$$

Оптимальное значение $\delta^*$ целевой функции $\delta(\delta 1_{ij}, \delta 2_{ij})$ (2) можно рассматривать как меру согласованности ИМПС — чем большим является значение $\delta^*$, тем более несогласованной является ИМПС. Поскольку целевая функция минимизирует сумму $n(n-1)/2$ переменных, а именно, $\delta 1_{ij} + \delta 2_{ij}$ для $i < j$, то можно определить индекс согласованности $CI^*$ как среднее значение $\delta 1_{ij} + \delta 2_{ij}$ для элементов выше главной диагонали ИМПС:

$$CI^* = \frac{2\delta^*}{n(n-1)},$$

где $\delta^*$ — оптимальное значение целевой функции (2), полученное в результате решения задачи (2)–(8).

Сформулируем следующую пару задач нелинейного программирования для нахождения интервального локального веса $w_h = [w_h^l, w_h^u]$, $h = \overline{1,n}$.

Определить значения

$$\min / \max w_h \tag{9}$$

при ограничениях (3)–(8) и следующих условиях:

$$w_i - w_j \geqslant 0 \quad \text{при} \quad d_{ij} > 1, \quad i = \overline{1,n}, \quad j = \overline{1,n}, \tag{10}$$

$$w_i - w_j \geqslant 0 \quad \text{при} \quad d_{ik} \geqslant d_{jk}, \ \forall k = \overline{1,n} \quad \text{и} \quad \exists q = \overline{1,n} \colon d_{iq} > d_{jq}, \ i = \overline{1,n}, \ j = \overline{1,n}, \tag{11}$$

$$\sum_{i=1}^{n-1} \sum_{j=i+1}^{n} (\delta 1_{ij} + \delta 2_{ij}) = \delta^*. \tag{12}$$

Здесь $\delta^*$ в ограничении (12) характеризует оптимальное значение целевой функции (2). Ограничения (10) и (11) моделируют свойства слабого и сильного сохранение рангов ИМПС [9].

Для оценивания согласованности нечеткой экспертной информации предлагается новая мера согласованности — интервальный спектральный коэффициент согласованности; введены интегральные пороги применения и обнаружения для определения допустимого уровня несогласованности экспертной информации [10]. Предложен модифицированный метод мультипликативного синтеза для нахождения нечетких глобальных весов.

**Определение порядка ранжирования нечетких весов.** Порядок ранжирования определяют значения $\nu(w_i^{\text{неч}}, w_j^{\text{неч}})$, $\nu_s(w_i^{\text{неч}} > w_j^{\text{нечч}})$, $\nu_e(w_i^{\text{неч}} \sim w_j^{\text{неч}})$ функций принадлежности нечетких отношений нестрогого, строгого предпочтения и эквивалентности на множестве нечетких весов $w^{\text{неч}}$. Предлагается следующий метод ранжирования нечетких весов $w_i^{\text{неч}}$, $i = \overline{1,n}$:

1) вес $w_i^{\text{неч}}$ строго преобладает над весом $w_j^{\text{неч}}$ $(w_i^{\text{неч}} > w_j^{\text{неч}})$, если $\nu_s(w_i^{\text{неч}} > w_j^{\text{неч}}) \geqslant \gamma_s$, где $0 < \gamma_s < 1$ — установленное пороговое значение;

2) вес $w_i^{\text{неч}}$ эквивалентен весу $w_j^{\text{неч}}(w_i^{\text{неч}} \sim w_j^{\text{неч}})$, если $\nu_e(w_i^{\text{неч}} \sim w_j^{\text{неч}}) \geqslant \gamma_e$, где $0 < \gamma_e < 1$ — установленное пороговое значение;

3) вес $w_i^{\text{неч}}$ нестрого преобладает над весом $w_j^{\text{неч}}(w_i^{\text{неч}} \geqslant w_j^{\text{неч}})$, если $(w_i^{\text{неч}} > w_j^{\text{неч}}) \vee \vee (w_i^{\text{неч}} \sim w_j^{\text{неч}})$, т. е., если $[v_s(w_i^{\text{неч}} > w_j^{\text{неч}}) \geqslant \gamma_s] \vee [v_e(w_i^{\text{неч}} \sim w_j^{\text{неч}}) \geqslant \gamma_e]$.

Метод ранжирования основан на формировании подмножеств недоминируемых нечетких весов.

1. Построим подмножество $M_1$ недоминируемых нечетких весов $w_{j_1}^{\text{неч}}$: $M_1 = \{w_{j_1}^{\text{неч}} \mid \neg\exists w_i^{\text{неч}} \colon w_i^{\text{неч}} > w_{j_1}^{\text{неч}}, i \neq j_1, w_i^{\text{неч}}, w_{j_1}^{\text{неч}} \in w^{\text{неч}}\}$. Поставим в соответствие $M_1$ подмножество индексов $J_1 = \{j_1 \in J \mid w_{j_1}^{\text{неч}} \in M_1\}$, $J = [1; n]$. Тогда все объекты $O_{j_1}$, $j_1 \in J_1$, получают первый (наивысший) ранг.

2. Перейдем к рассмотрению множества нечетких весов $w^{\text{неч}} \setminus M_1$, т. е. будем анализировать веса, которые не попали в подмножество $M_1$.

Построим подмножество $M_2$ недоминируемых нечетких весов $w_{j_2}^{\text{неч}}$ из множества $w^{\text{неч}} \setminus M_1$, $M_2 = \{w_{j_2}^{\text{неч}} \mid \neg\exists w_i^{\text{неч}} \colon w_i^{\text{неч}} > w_{j_2}^{\text{неч}}, i \neq j_2, w_i^{\text{неч}}, w_{j_2}^{\text{неч}} \in w^{\text{неч}} \setminus M_1\}$. Поставим в соответствие $M_2$ подмножество индексов $J_2 = \{j_2 \in J \mid w_{j_2}^{\text{неч}} \in M_2\}$. Тогда объекты $O_{j_2}$, $j_2 \in J_2$, получают второй ранг.

3. Аналогично строятся остальные подмножества $M_3, \ldots, M_m$ и определяются группы объектов, которые получают третий и последующие ранги.

Для нахождения степени доверия к полученному ранжированию будем использовать степени выполнений преобладаний одного нечеткого веса над другим и эквивалентности весов в данном ранжировании.

Степень выполнения $p(w_i^{\text{неч}} \geqslant w_j^{\text{неч}})$ нестрогого преобладания нечеткого веса $w_i^{\text{неч}}$ над нечетким весом $w_j^{\text{неч}}$ определим как $p(w_i^{\text{неч}} \geqslant w_j^{\text{неч}}) = \nu(w_i^{\text{неч}}, w_j^{\text{неч}})$.

Степень выполнения $p(w_i^{\text{неч}} > w_j^{\text{неч}})$ строгого преобладания нечеткого веса $w_i^{\text{неч}}$ над нечетким весом $w_j^{\text{неч}}$ определим как $p(w_i^{\text{неч}} > w_j^{\text{неч}}) = \nu_s(w_i^{\text{неч}} > w_j^{\text{неч}})$.

Степень выполнения $p(w_i^{\text{неч}} \sim w_j^{\text{неч}})$ эквивалентности нечетких весов $w_i^{\text{неч}}$ и $w_j^{\text{неч}}$ определим как $p(w_i^{\text{неч}} \sim w_j^{\text{неч}}) = \nu_e(w_i^{\text{неч}} \sim w_j^{\text{неч}})$.

Предлагаемые модификация методики BOCR и методология обработки нечеткой экспертной информации открывают возможности более точного оценивания и анализа проблем технологического предвидения в условиях многофакторных рисков.

1. *Згуровский М. З., Панкратова Н. Д.* Системный анализ: проблемы, методология, приложения. – Киев: Наук. думка, 2005. – 743 с.
2. *Згуровский М. З., Панкратова Н. Д.* Технологическое предвидение. – Киев: Политехника. – 2005. – 165 с.
3. *Згуровский М. З., Панкратова Н. Д.* Информационная платформа сценарного анализа задач технологического предвидения // Кибернетика и системн. анализ. – 2003. – № 4. – С. 112–125.
4. *Згуровский М. З., Панкратова Н. Д.* Системная стратегия технологического предвидения в инновационной деятельности // Системні дослідження та інформац. технології. – 2003. – № 3. – С. 7–24.
5. *Панкратова Н. Д., Недашківська Н. І.* Комплексне оцінювання чутливості рішення на основі методу аналізу ієрархій // Там само. – 2006. – № 3. – С. 7–25.
6. *Saaty Thomas L.* Theory of the analytic hierarchy process. P. 2.1 // Ibid. – 2003. – No 1. – P. 48–72.
7. *Saaty Thomas L.* Theory of the analytic hierarchy and analytic network processes-examples, Part 2.2 // Ibid. – 2003. – No 2. – P. 7–34.
8. *Saaty Thomas L.* The analytic network process, Examples, Part 2.3 // Ibid. – No 4. – P. 7–23.
9. *Панкратова Н. Д., Недашковская Н. И.* Методология обработки нечеткой экспертной информации в задачах предвидения. Ч. 1 // Пробл. управления и информатики. – 2007. – № 2. – С. 40–55.
10. *Панкратова Н. Д., Недашковская Н. И.* Методология обработки нечеткой экспертной информации в задачах предвидения. Ч. 2 // Там же. – 2007. – № 3. – С. 49–63.

*Институт прикладного системного анализа НТУ Украины “Киевский политехнический институт”*

*Поступило в редакцию 14.03.2007*