

## НЕЧЕТКАЯ МОДЕЛЬ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ЭКОНОМИЧЕСКИХ ПОТЕРЬ В КОРРУМПИРОВАННЫХ СТРУКТУРАХ

Сторожев С. В.

Построена многоуровневая экономико-математическая модель поддержки решений по выбору стратегий противодействия коррупции в условиях высокой степени неопределенности, основанная на оценивании специального индикатора коррупционных потерь для субъектов экономической деятельности. Модель имеет разветвленную иерархическую структуру и включает пятьдесят определяемых на основе экспертного оценивания нечетких частных критериев низших уровней с количественными измеримыми и вербальными областями определения. Предложена методика анализа построенной модели с использованием аппарата теории нечетких интервалов – нечетких множеств трапецеидального профиля, а также концепций ранжирования и агрегирования множеств нечетких частных критериев в системах с иерархической структурой.

Побудована багаторівнева економіко-математична модель підтримки рішень з обрання стратегій протидії корупції в умовах високого ступеня невизначеності, заснована на оцінюванні спеціального індикатора корупційних втрат для суб'єктів економічної діяльності. Модель має розгалужену ієрархічну структуру і включає п'ятдесят нечітких частинних критеріїв нижчих рівнів із кількісними вимірюваними і вербальними областями завдання, які визначаються на основі експертного оцінювання. Запропоновано методику аналізу побудованої моделі з використанням апарату теорії нечітких інтервалів – нечітких множин трапецеїдального профілю, а також концепцій ранжирування та агрегування множин нечітких частинних критеріїв у системах з ієрархічною структурою.

Are generated the multilevel economical-mathematical model of decision support at the option of anti-corruption strategies given the high degree of uncertainty, based on the evaluation of a special indicator of corruption losses for economic operators. The model has a multi branches structure and includes fifty fuzzy partial criteria of the lower levels of measurable and verbal types as determined on the basis of expert evaluation. Method of analysis of the model are constructed using the application of apparatus of the theory of fuzzy intervals - fuzzy sets with trapezoidal profile, as well as the concepts of the calculation of rank and aggregation of individual fuzzy sets criteria for systems with a hierarchical structure.

Сторожев С. В.

аспирант ДонНУ  
CergeyS@i.ua

УДК 330.46

Сторожев С. В.

## НЕЧЕТКАЯ МОДЕЛЬ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ЭКОНОМИЧЕСКИХ ПОТЕРЬ В КОРРУМПИРОВАННЫХ СТРУКТУРАХ

Системность и адресность в разработке и применении комплексных стратегий противодействия коррупции предполагает возможности максимально адекватного и перманентного оценивания результативности применения той или иной совокупности антикоррупционных мер. Соответствующие этим потребностям экономико-математические модели индикаторов коррупционных потерь ICD (indicator of corruption damage), используемых для оценивания степени антикоррупционной защищенности и эффективности реализуемых механизмов противодействия коррупции в качестве инструментов поддержки соответствующих управленческих решений, должны учитывать предельно высокую степень неопределенности, нечеткости экзогенных и эндогенных параметров [1, 2], а также факторы многокритериальности искомых оценок [3]. Указанная неопределенность свойственна лежащим в основе оценок официальным статистическим данным для параметров количественного измеримого характера и множествам экспертных заключений, которые в большом проценте случаев имеют качественную вербальную природу. Соответственно, подходы к включению этих данных в создаваемые модели должны обеспечивать минимальную потерю входной информации и на этапе ее формализации, и в процессе предусматриваемых методиками преобразований.

Целью настоящей работы является построение модели многоуровневого иерархического описания индикатора коррупционных потерь для субъектов экономической деятельности с использованием аппарата теории нечетких интервалов – нечетких множеств трапецеидального профиля [1, 2, 4] и концепций ранжирования частных критериев в нечетких системах с иерархической структурой [3, 5–8].

Исходным этапом построения предлагаемой четырехуровневой модели является описание и формализация частных критериев, определяющих глобальный критерий четвертого уровня – искомый показатель ICD индикатора коррупционных потерь применительно к некоторому оцениваемому локальному субъекту социально-экономической деятельности.

К числу частных критериев третьего уровня в конструируемой модели отнесены:

- показатель потерь, связанных с противоправным коррупционным перераспределением финансовых ресурсов субъектов рассматриваемого сектора экономики (критерий D1);
- показатель потерь, связанных со снижением эффективности функционирования экономических механизмов вследствие влияния коррупционных факторов (критерий D2);
- показатель потерь нематериального характера, связанных с ростом социальной напряженности и деструктивными процессами в общественном сознании (критерий D3);
- показатель затрат, обусловленных необходимостью финансирования антикоррупционных стратегий, включая содержание контрольно-репрессивного аппарата (критерий D4);
- показатель компенсационного экономического эффекта от препятствования коррупционным действиям, их последствиям, а также прямых фискальных поступлений в результате эффективного применения контрольно-репрессивных мер (критерий C1).

В число частных критериев второго уровня в рамках конструируемой иерархической схемы соответственно отнесены:

- для фактора D1 – показатель уменьшения объема оборотных средств (критерий D11);
- показатель уменьшения объема прибыли (критерий D12);
- показатель объема неэффективно используемых субсидий (критерий D13);
- показатель объема неэффективно используемых кредитов (критерий D14);
- показатель объема потерь от неэффективных тендерных закупок (критерий D15);

для фактора D2 – показатель снижения инвестиционной привлекательности (критерий D21); показатель уровня роста тенизации экономики (критерий D22); показатель монополизации в рассматриваемом секторе экономики (критерий D23); показатель роста цен из-за включения взятки в формулу расчета стоимости конечного продукта или услуги (критерий D24);

для фактора D3 – показатель роста социального неравенства и имущественного расслоения (критерий D31); показатель деструктивного влияния на уровень законопослушности и правовой культуры (критерий D32); показатель падения внешнего имиджа (критерий D33); показатель снижения оценки социально-экономических перспектив (критерий D34); показатель роста уровня социальной апатии и критического отношения к демократическим ценностям (критерий D35); показатель снижения уровня доверия и сотрудничества с контролирующими и правоохранительными органами (критерий D36); показатель уровня снижения доверия к руководству (критерий D37);

для фактора D4 – показатель затрат на содержание специализированных контролирующих органов (критерий D41); показатель затрат на содержание специализированных подразделений правоохранительных органов (критерий D42); показатель затрат на содержание специализированных подразделений службы безопасности (критерий D43); показатель затрат на приобретение и обслуживание специализированных технических средств (критерий D44); показатель затрат на информатизацию в сфере применения механизмов противодействия коррупции (критерий D45); показатель затрат на научные исследования и проектно-конструкторские разработки и подготовку кадров в области борьбы с коррупцией (критерий D46); показатель затрат на осуществление специализированных контрольно-ревизионных мероприятий (критерий D47);

для фактора C1 – оценочный показатель для избегаемых потерь оборотных средств (критерий C11); оценочный показатель для избегаемых потерь прибыли (критерий C12); оценочный показатель для избегаемых потерь в использовании государственных субсидий (критерий C13); оценочный показатель для избегаемых потерь по использованию кредитов (критерий C14); оценочный показатель для избегаемых потерь от неэффективных тендерных закупок (критерий C15); оценочный показатель для поступлений от штрафных санкций и решений по конфискации активов (критерий C16);

Частные критерии первого уровня в рассматриваемой иерархической схеме вводятся только для части критериальных факторов второго уровня, в том числе:

для фактора D13 – показатель объема неэффективно используемых субсидий государственного бюджета (критерий D131); показатель объема неэффективно используемых субсидий местных бюджетов различного уровня (критерий D132); показатель объема неэффективно используемых субсидий из специальных бюджетов (критерий D133);

для фактора D21 – показатель снижения внешней инвестиционной привлекательности (критерий D211); показатель снижения внутренней инвестиционной привлекательности (критерий D212);

для фактора D24 – показатель роста цен из-за включения взятки в формулу расчета стоимости конечного товарного продукта (критерий D241); показатель роста цен из-за включения взятки в формулу расчета стоимости услуги (критерий D242);

для фактора D41 – показатель затрат на содержание специализированных контролирующих органов, обусловленный численностью исполнителей (критерий D411); показатель затрат на содержание специализированных контролирующих органов обусловленный квалификационным уровнем исполнителей (критерий D412); показатель затрат на содержание специализированных контролирующих органов, обусловленный уровнем оплаты труда исполнителей (критерий D413);

для фактора D42 – показатель затрат на содержание специализированных подразделений правоохранительных органов, обусловленный численностью исполнителей (критерий D421); показатель затрат на содержание специализированных подразделений правоохранительных

органов, обусловленный квалификационным уровнем исполнителей (критерий D422); показатель затрат на содержание специализированных подразделений правоохранительных органов, обусловленный уровнем оплаты труда исполнителей (критерий D423);

для фактора D43 – показатель затрат на содержание специализированных подразделений службы безопасности, обусловленный численностью исполнителей (критерий D431); показатель затрат на содержание специализированных подразделений службы безопасности, обусловленный квалификационным уровнем исполнителей (критерий D432); показатель затрат на содержание специализированных подразделений службы безопасности, обусловленный уровнем оплаты труда исполнителей (критерий D433);

для фактора D44 – показатель затрат на приобретение и обслуживание специализированных технических средств, обусловленный их количеством (критерий D441); показатель затрат на приобретение и обслуживание специализированных технических средств, обусловленный их техническим уровнем (критерий D442); показатель затрат на приобретение и обслуживание специализированных технических средств, обусловленный эксплуатационными затратами (критерий D443);

для фактора D45 – показатель затрат на информатизацию в сфере применения механизмов противодействия коррупции, обусловленных разработкой автоматизированных электронно-информационных систем выдачи лицензий (критерий D451); показатель затрат на информатизацию в сфере применения механизмов противодействия коррупции, обусловленных разработкой автоматизированных электронно-информационных систем для осуществления тендерных мероприятий (критерий D452); показатель затрат на информатизацию в сфере применения механизмов противодействия коррупции, обусловленных разработкой автоматизированных электронно-информационных систем для налоговой системы и сферы декларирования доходов (критерий D453);

для фактора D46 – показатель затрат на научные исследования в области борьбы с коррупцией (критерий D461); показатель затрат на проектно-конструкторские разработки в области борьбы с коррупцией (критерий D462); показатель затрат на внедрение новых технических средств в области борьбы с коррупцией (критерий D463); показатель затрат на подготовку кадров в области борьбы с коррупцией (критерий D464);

для фактора D47 – показатель затрат на осуществление специализированных контрольно-ревизионных мероприятий, обусловленный частотой их периодичности (критерий D471); показатель затрат на осуществление специализированных контрольно-ревизионных мероприятий, обусловленный глубиной и тщательностью проверок (критерий D472); показатель затрат на осуществление специализированных контрольно-ревизионных мероприятий, обусловленный количественными показателями инспекционных групп (критерий D473); показатель затрат на осуществление специализированных контрольно-ревизионных мероприятий, обусловленный квалификационными показателями инспекционных групп (критерий D474);

для фактора C16 – оценочный показатель для поступлений от штрафных санкций (критерий C161); оценочный показатель для поступлений от решений по конфискации активов (критерий C162)

Иерархическая структура глобального критерия ICD в рассматриваемой модели представлена на рис. 1.

Частные критерии низших уровней D22, D23, D31, D32, D33, D34, D35, D36, D37, D211, D212 имеют нечеткие вербальные диапазоны варьирования, а остальные введенные в рассмотрение частные критерии низших уровней имеют нечеткие измеримые количественные характеристики.

Для формализации частных критериев с качественными вербальными описаниями в соответствии с применяемой в настоящей работе концепцией нечетко-множественного моделирования применяется методика определения степени выраженности положительного эффекта с заданием параметра его роста [1]. При этом получение функций принадлежности

$\mu_{D22}(x), \dots, \mu_{D23}(x), \mu_{D31}(x), \dots, \mu_{D37}(x), \mu_{D211}(x), \mu_{D212}(x)$  для вводимых нормальных нечетких множеств (функций желательности для данных частных критериев) реализуется на основе использования представленной табл. 1 в обобщенной семиуровневой шкалы лингвистических градаций степени выраженности положительного эффекта [1] с приданием этим градациям соответствующих числовых оценок из интервала  $[0, 1]$ .

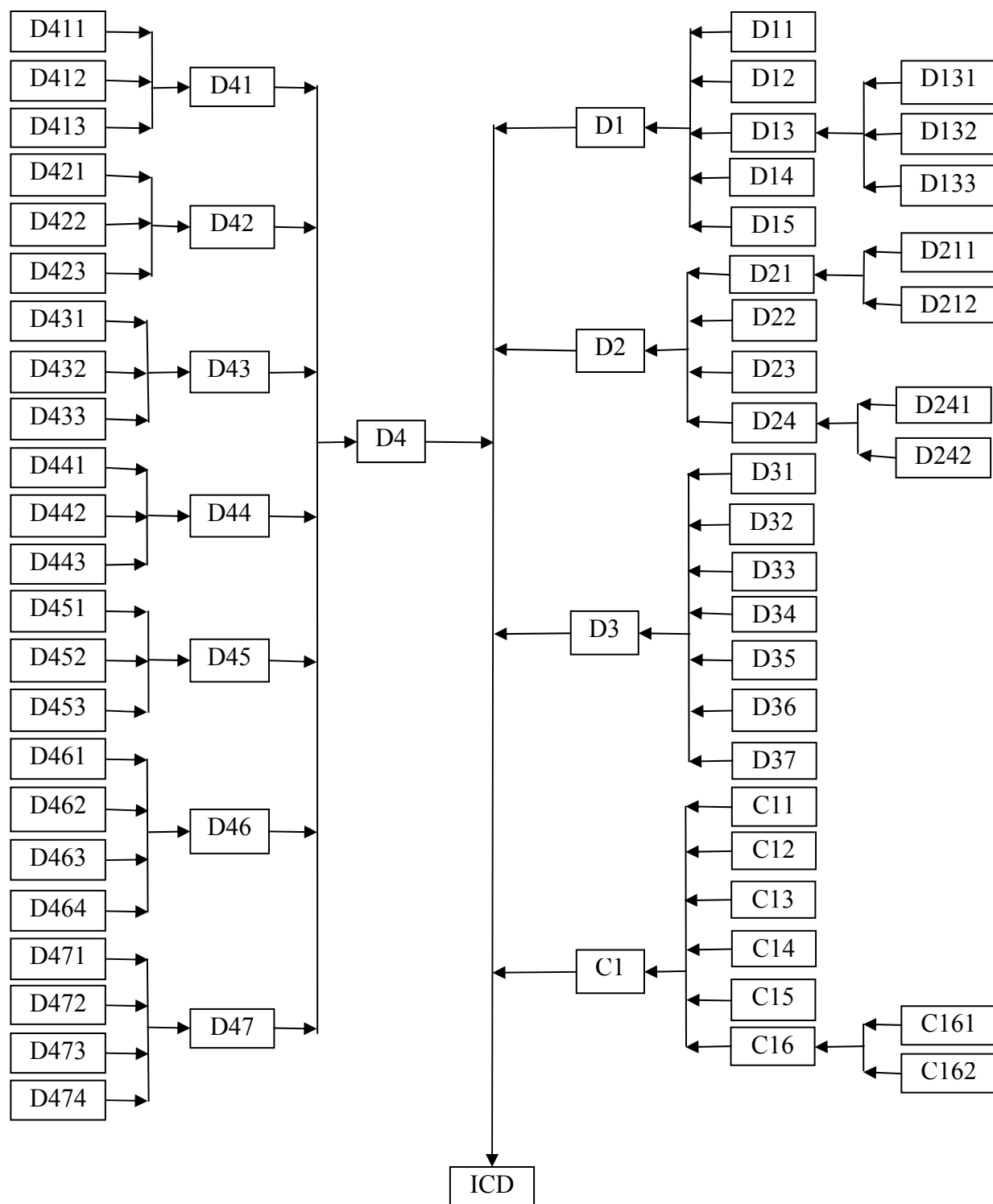


Рис. 1. Иерархическая модель определения показателя коррупционных потерь

Показатели выраженности положительного эффекта, вводимые при формировании соответствующего каждому частному критерию нечеткого интервала, определяются на основе экспертных заключений.

Таблица 1

Значения функций принадлежности, соответствующие степеням выраженности положительного эффекта для частных критериев, заданных на качественном вербальном уровне

Значения функции принадлежности $\mu$	Показатель степени выраженности положительного эффекта
0	Не выражен
0,1	Очень слабо выражен
0,25	Слабо выражен
0,5	Средне выражен
0,75	Сильно выражен
0,9	Очень сильно выражен
1,0	Полностью выражен

Определение показателя глобального критерия ICD реализуется на основе методики последовательного формирования обобщенных критериев качества сложных систем на каждом из уровней иерархии [1, 8]. В рамках данного подхода, прежде всего, решается задача ранжирования внутри каждой из групп частных критериев  $\{D_{ij}\}$ ,  $\{D_{ijk}\}$ ,  $\{C_{ij}\}$ ,  $\{C_{ijk}\}$ , а также внутри группы частных критериев третьего уровня  $\{D1, D2, D3, D4, C1\}$ . Осуществляемое ранжирование основывается на формировании матриц  $A = \|a_{ij}\|$ , парных экспертных сравнений (сравнительных суждений) для частных критериев в каждой из выделенных групп с использованием девятиуровневой шкалы лингвистических оценок [9], представленной в табл. 2. При этом применяются альтернативные подходы к определению рангов частных критериев в зависимости от способа получения и формы сопоставительных экспертных оценок парных сравнений. Альтернативы заключаются в использовании численных оценок сравнений, задаваемых одним экспертом и образующих матрицу четких чисел; в использовании интервальных оценок сравнений, задаваемых одним экспертом и образующих матрицу четких интервалов; использовании оценок сравнений, задаваемых одним экспертом или группой экспертов и преобразуемых в матрицу нечетких интервалов с функциями принадлежности  $\mu_{a_{ij}}(x)$ .

В первом случае ранги  $\alpha_i$  ( $i = \overline{1, n}$ ) для каждой из выделенных групп частных критериев разных уровней определяются путем решения оптимизационных задач [10]:

$$S = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n (a_{ij}\alpha_j - \alpha_i)^2 \rightarrow \min, \quad \sum_{i=1}^n \alpha_i = n, \quad (1)$$

методом неопределенных множителей Лагранжа [5].

При задании для рассматриваемой задачи функции Лагранжа в виде:

$$L = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n (a_{ij}\alpha_j - \alpha_i)^2 + \lambda \left( \sum_{i=1}^n \alpha_i - n \right) \quad (2)$$

и последующей формулировке условий оптимальности:

$$\partial L / \partial \alpha_i = 0, \quad \partial L / \partial \lambda = \sum_{i=1}^n \alpha_i - n = 0, \quad (3)$$

для определения подмножеств рангов частных критериев  $\{\alpha_i^{(D_i)}\}$ ,  $\{\alpha_{ij}^{(D_{ij})}\}$ ,  $\{\alpha_{ijk}^{(D_{ijk})}\}$ ,  $\{\alpha_1^{(C_1)}\}$ ,  $\{\alpha_{1j}^{(C_{1j})}\}$ ,  $\{\alpha_{1ik}^{(C_{1ik})}\}$  получены системы линейных алгебраических уравнений вида:

$$\begin{cases} (a_{21}^2 + a_{31}^2 + \dots + a_{n1}^2 + (n-1))\alpha_1 - (a_{21} + a_{12})\alpha_2 - (a_{31} + a_{13})\alpha_3 - \dots - (a_{n1} + a_{1n})\alpha_n + \lambda = 0, \\ -(a_{12} + a_{21})\alpha_1 + (a_{12}^2 + a_{32}^2 + \dots + a_{n2}^2 + (n-1))\alpha_2 - (a_{32} + a_{23})\alpha_3 - \dots - (a_{n2} + a_{2n})\alpha_n + \lambda = 0, \\ \dots \\ -(a_{1n} + a_{n1})\alpha_1 - (a_{2n} + a_{n2})\alpha_2 - \dots - (a_{(n-1)n} + a_{n(n-1)})\alpha_{n-1} + (a_{1n}^2 + a_{2n}^2 + \dots + a_{(n-1)n}^2 + (n-1))\alpha_n + \lambda = 0, \\ \alpha_1 + \alpha_2 + \alpha_3 + \dots + \alpha_n = n. \end{cases} \quad (4)$$

Таблица 2

Лингвистические и количественные оценки относительной важности частных критериев (степени важности критерия  $i$  в сравнении с критерием  $j$ )

Качественная оценка	Количественная оценка $a_{ij}$
Критерии $i$ и $j$ строго эквивалентны (одинаково предпочтительны)	1
Критерий $i$ слабо предпочтительнее критерия $j$	3
Критерий $i$ несколько предпочтительнее критерия $j$	5
Критерий $i$ значительно предпочтительнее критерия $j$	7
Критерий $i$ строго предпочтительнее критерия $j$	9
Промежуточные значения сопоставительной важности	2, 4, 6, 8

В случаях использования интервальных и нечетко-интервальных матриц парных сравнений частных критериев, для отыскания множеств их рангов используется метод Т. Саати [11], согласно которому:

$$\alpha_i = \alpha_i^* / \sum_{j=1}^n \alpha_j^*, \quad \alpha_i^* = \left( \prod_{j=1}^n \alpha_{ij} \right)^{1/n}. \quad (5)$$

При этом предусматриваемые соотношениями (5) процедуры возведения нечетких интервалов в четкую действительную степень  $\beta$  описываются на основе представлений нечетких интервалов разложениями по  $\alpha$ -уровням:

$$\mu^\beta = \bigcup_{\alpha} \mu_{\alpha}^{\beta}, \quad \mu_{\alpha} = [\underline{\mu}_{\alpha}, \bar{\mu}_{\alpha}], \quad \mu_{\alpha}^{\beta} = \left[ \min\{\underline{\mu}_{\alpha}^{\beta}, \bar{\mu}_{\alpha}^{\beta}\}, \max\{\underline{\mu}_{\alpha}^{\beta}, \bar{\mu}_{\alpha}^{\beta}\} \right]. \quad (6)$$

Результат определения множеств рангов частных критериев  $\{\alpha_i^{(D_i)}\}$ ,  $\{\alpha_{ij}^{(D_{ij})}\}$ ,  $\{\alpha_{ijk}^{(D_{ijk})}\}$ ,  $\{\alpha_1^{(C_1)}\}$ ,  $\{\alpha_{1j}^{(C_{1j})}\}$ ,  $\{\alpha_{1ik}^{(C_{1ik})}\}$ , получаемых в виде четких чисел, четких либо нечетких интервалов, подлежит контролю на основе анализа индексов согласованности  $\delta_c$

и показателей отношений согласованности  $\gamma_c$  для соответствующих матриц парных сравнений [7, 12]. Указанные показатели рассчитываются по формулам:

$$\delta_c = (\lambda_{\max} - n)/(n-1), \quad \gamma_c = \delta_c / \gamma_n, \quad (7)$$

где  $\lambda_{\max}$  – величины максимальных собственных чисел матриц парных сравнений  $\|a_{ij}\|$ ;  $\gamma_n$  – значения согласованности случайных матриц заданных порядков, представленные для определенного диапазона размерностей матриц парных сравнений в табл. 3.

Приближенное значение индекса согласованности  $\delta_c$  может быть получено [1] в виде:

$$\delta_c = \left( \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n \alpha_i a_{ij} - n \right) / (n-1). \quad (8)$$

Таблица 3

Значения показателей согласованности для случайных матриц варьируемых размерностей

Размерность матрицы	3	4	5	6	7	8	9	10
Показатель $\gamma_n$	0,58	0,90	1,12	1,24	1,32	1,41	1,45	1,49

При этом согласованность экспертных оценок для совокупностей парных сравнений частных критериев считается допустимой в случае, когда значения  $\gamma_c$  не превышают  $0,1 \div 0,2$ . В противном случае должна быть выполнена повторная уточняющая экспертная оценка для показателей парных сравнений [7]. В работе [7] отмечено, что предельные порядки матриц парных сравнений, для которых, как правило, могут быть получены приемлемые значения показателей отношений согласованности, составляют  $7 \div 9$ , что налагает ограничения на число вводимых в группы достоверно агрегируемых частных критериев любого уровня.

Агрегирование частных критериев более высокого уровня для каждой из выделенных групп  $\{D_{ijk}\}, \{C_{ijk}\}, \{D_{ij}\}, \{C_{1j}\}, \{D_1, D_2, D_3, D_4, C_1\}$  после определения их рангов  $\{\alpha_i^{(D_i)}, \alpha_1^{C_1}\}, \{\alpha_{ij}^{(D_{ij})}\}, \{\alpha_{ijk}^{(D_{ijk})}\}, \{\alpha_1^{(C_1)}\}, \{\alpha_{1j}^{(C_{1j})}\}, \{\alpha_{1ik}^{(C_{1ik})}\}$  внутри групп [4] осуществляется на основе соотношений:

$$\begin{aligned} \mu_{D_{ij}}(x) &= \min \left\{ \alpha_1^{(D_{ij1})} \mu_{D_{ij1}}(x), \dots, \alpha_1^{(D_{ijm})} \mu_{D_{ijm}}(x) \right\}; \\ \mu_{C_{1j}}(x) &= \min \left\{ \alpha_1^{(C_{1jk})} \mu_{C_{1jk}}(x), \dots, \alpha_1^{(C_{1jk})} \mu_{C_{1jk}}(x) \right\}, \end{aligned} \quad (9)$$

где  $m$  – число агрегируемых частных критериев для каждой конкретной рассматриваемой группы;

$\mu_{D_{ij}}(x), \mu_{C_{1j}}(x)$  – функции принадлежности для нечетких множеств, характеризующих частные критерии первого уровня в каждой из рассматриваемых групп  $\{D_{ij}\}, \{C_{1j}\}$ .

По описанной методике на основании экспертного формирования четких, четко-интервальных либо нечетко-интервальных матриц парных сравнений критериев в иерархически структурированных группах реализуется процесс определения рангов для частных критериев каждого последующего уровня.

Таким образом, на основе писанных выше методик, контролируемых путем оценивания индексов согласованности  $\delta_c$  и показателей отношений согласованности  $\gamma_c$  соответствующих матриц парных сравнений, соответственно определяются четкие, интервальные



или нечетко-интервальные значения рангов  $\{\alpha_i^{(D_i)}, \alpha_1^{(C_1)}\}$  и осуществляется агрегирование частных критериев третьего порядка. В его результате определяется функция принадлежности:

$$\mu_{ICD}(x) = \min\{\alpha_1^{(D_1)}\mu_{D_1}(x), \alpha_2^{(D_2)}\mu_{D_2}(x), \alpha_3^{(D_3)}\mu_{D_3}(x), \alpha_4^{(D_4)}\mu_{D_4}(x), \alpha_1^{(C_1)}\mu_{C_1}(x)\} \quad (10)$$

для искомого нечеткого интервального показателя ICD индикатора коррупционных потерь применительно к некоторому оцениваемому локальному субъекту социально-экономической деятельности как критерия четвертого уровня в рассмотренной иерархической системе.

Оптимальная характеристика этого показателя может быть определена на основе соотношения [3]:

$$\max \min\{\alpha_1^{(D_1)}\mu_{D_1}(x), \alpha_2^{(D_2)}\mu_{D_2}(x), \alpha_3^{(D_3)}\mu_{D_3}(x), \alpha_4^{(D_4)}\mu_{D_4}(x), \alpha_1^{(C_1)}\mu_{C_1}(x)\} \quad (11)$$

и является экстремальным показателем индикатора коррупционных потерь в рассматриваемой экономической системе.

## ВЫВОДЫ

Таким образом, в результате проведенного исследования решена задача построения и анализа иерархической модели поддержки решений по оптимизации стратегий противодействия коррупции в условиях неопределенности, предусматривающая многоуровневое и многокритериальное оценивание индикатора коррупционных потерь с минимизированными потерями качественной и количественной входной информации, обеспечиваемыми применением аппарата теории нечетких множеств.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Дилигенский Н. В. Нечеткое моделирование и многокритериальная оптимизация производственных систем в условиях неопределенности: технология, экономика, экология / Н. В. Дилигенский, Л. Г. Дымова, П. В. Севастьянов. – М. : Машиностроение-1, 2004. – 397 с.
2. Рыжов А. П. Модели поиска решений в нечеткой среде / А. П. Рыжов. – М. : Центр прикладных исследований при механико-математическом факультете МГУ, 2004. – 96 с.
3. Орловский С. А. Проблемы принятия решений при нечеткой исходной информации / С. А. Орловский. – М. : Наука, 1981. – 208 с.
4. Рутковская Д. Нейронные сети, генетические алгоритмы и нечеткие системы / Д. Рутковская, М. Пилиньский, Л. Рутковский. – М. : Горячая линия – Телеком, 2006. – 452 с.
5. Реклейтис Г. Оптимизация в технике / Г. Реклейтис, А. Рейвиндран, К. Рэгсдел. – М. : Мир, 1986. – Т. 2. – 320 с.
6. Ротштейн А. П. Моделирование и оптимизация надежности многомерных алгоритмических процессов / А. П. Ротштейн, С. Д. Штовба, А. Н. Козачко. – Винница : УНІВЕРСУМ-Вінниця, 2007. – 215 с.
7. Саати Т. Аналитическое планирование. Организация систем / Т. Саати, К. Кернс. – М. : Радио и связь, 1991. – 224 с.
8. Методика многокритериальной иерархической оценки качества в условиях неопределенности / П. В. Севастьянов, Л. Г. Дымова, М. Каптур, А. В. Зенькова // Информационные технологии. – 2001. – № 9. – С. 84–87.
9. Sasaki T. Traffic control process of expressway by fuzzy logic / T. Sasaki, T. Akiyama // Fuzzy Sets and Systems. – 1988. – Vol. 26. – P. 165–178.
10. Chu A. A Comparison of Two Methods for Determining the weights of Belonging to Fuzzy Sets / A. Chu, R. Kalaba, R. Springarn // J. of Optimization theory and applications. – 1979. – Vol. 27. – № 4. – P. 531–538.
11. Saaty T. Scaling Method for Priorities in Hierarchical Structures / T. Saaty // J. of Mathematical Psychology. – 1977. – Vol. 15. – № 3. – P. 234–281.
12. Yager R. Multiple objective decision-making using fuzzy sets / R. Yager // Int. J. Man-Mach. Stud. – 1979. – Vol. 9. – № 4. – P. 375–382.