

7. Анализ функционирования прибора ориентации на солнце телекоммуникационного космического аппарата / М.Ж. Анаров, К.К. Тельгарин., Петров М.Н. // Проблемы безопасности и чрезвычайных ситуаций. ВИНТИ РАН, Москва. - 2018. № 4. С. 79-84.

Сведения об авторах

Анаров Максат Жаксылыкович – директор филиала АО «СП «Байтерек» на комплексе «Байконур» Республика Казахстан, г. Астана, ул. Бейбитшилик14, 10 этаж, E-mail: maxat-zvezda@mail.ru

Тельгарин Кайрат Куандыкович – инженер АО «Республиканский центр космической связи» Республика Казахстан, 010000, г. Астана, ул. Джангильдина, 34. E-mail: katelg@mail.ru

Петров Михаил Николаевич – профессор, главный научный сотрудник, Сибирского государственного университета науки и технологии им. М.Ф. Решетнева, (Российская Федерация, 660037, г. Красноярск, просп. им. газ. «Красноярский рабочий», 31), т. 8 (391) 2 93 20 70, e-mail: mnp_kafes@mail.ru.

УДК 502.08

DOI: 10.36535/0869-4176-2020-01-7

МЕТОДЫ И СРЕДСТВА ОЦЕНИВАНИЯ ИНТРОСПЕКТИВНОГО МОНИТОРИНГА

Кандидат техн. наук С.Г. Черный
Керченский государственный морской технологический университет
Государственный университет морского и речного флота
имени адмирала С.О. Макарова

Доктор техн. наук В.А. Доровской
Керченский государственный морской технологический университет

Целью и задачей исследований является интроспективный мониторинг процессов протекающих в недрах шельфа Черного моря. Поставленная задача интроспективного мониторинга определила весь перечень информационной меры, что особенно важно при неопределенности создаваемого возмущения в пространстве объектов. При определении меры близости объекта и модели в задачах идентификации приходим к использованию энтропии как меры близости.

Ключевые слова: экспертное оценивание, методы и средства оценивания, интроспективный мониторинг, шельф.

METHODS AND MEANS OF EVALUATING AN INTROSPECTIVE MONITORING

Ph.D. (Tech.) *S. Chernyi*

Kerch State Maritime Technological University
Admiral Makarov State University of Maritime and Inland Shipping

Dr. (Tech.) *V. Dorovskoy*

Kerch State Maritime Technological University

The purpose and objectives of the research is introspective monitoring of processes occurring in the bowels of the Black Sea. The task of introspective monitoring also determined the entire list of information measures, which is especially important when the created disturbance in the space of objects is uncertain. In determining the proximity measure of an object and model in identification problems, we come to the use of entropy as a measure of proximity.

Keywords: expert assessment, assessment methods and tools, introspective monitoring, shelf.

Актуальность и проблемы исследований.

На сегодняшний момент, процесс прогнозирования чрезвычайных ситуаций ставит двухфакторный показатель цели по идентификации возможного факта появления и возможных последствий. Масштабируемость и глобализация последствий подобного рода ситуаций определяется только после их компетентной базовой оценки, которую можно проводить как до появления ее источников, так и после их появления. При условии оценивания последствий чрезвычайных ситуаций проводится их локализация до их появления, тогда результаты показателей используются в принятии мер по предупреждению. Если оценка последствий проводится после появления локальных источников, тогда результаты используются для определения мероприятий, сил и средств, которые необходимы для ликвидации базовых и факторных последствий.

Научно-технический прогресс позволил вести наблюдения за морской экосистемой с помощью более совершенного оборудования, проводить бурение дна Чёрного моря для изучения сейсмических изменений, разрабатывать подробные навигационные карты. С конца 80-х учёные забили тревогу - экология Чёрного моря была значительно подорвана человеком. Воды были загрязнены отходами, животный мир страдал от браконьеров. С начала 90-х годов начались масштабные программы по поддержанию хрупкого экологического баланса Чёрного моря. Чёрное море сильно страдает от сброса пресных вод, содержащих промышленные пестициды, а также азот и фосфор - они используются в качестве сельскохозяйственных удобрений и вымываются в реки. Азот и фтор служат пищей для микроорганизмов и водорослей, которые от переизбытка питательных веществ бурно растут, а затем гниют на дне, забирая кислород из воды. В результате от недостатка кислорода погибает множество рыб, моллюсков и ракообразных, что приводит к чрезвычайным ситуациям. Ещё одна проблема - загрязнение вод нефтепродуктами [1]. Последние исследования экологов показывают, что Чёрное море стоит на первом месте по количеству вредных отходов, и состояние акватории в граничных условиях с критическими показателями по чрезвычайным факторам. В морскую воду через Дунай, Прут и Днепр попадают промышленные выбросы двадцати стран, причём наиболее загрязнена северо-западная часть водоёма, где зарождается более половины живых организмов моря. Около 40% обитателей вод Чёрного моря находятся на грани вымирания. За послед-

ние годы промысловые уловы рыбы сократились почти в 5 раз. От быстроходных судов, гибнут млекопитающие в мелководных зонах: катера, лодки взбалтывают ил, что приводит к загрязнению поверхностных вод и распространению ила в заповедных зонах. Активизируя последствия факторов катастроф.

В Керченском проливе 11 ноября 2007 года произошел сильнейший шторм, который привел к крушению четырех судов, шесть из них сели на мель, два танкера получили повреждения. Данная катастрофа привела к чрезвычайной ситуации. Танкер "Волгонефть-139" в море потерял около 2 тысяч тонн мазута.

Оценка чрезвычайных факторов на сегодня требует комплексного математического и алгоритмического подхода, который повлечет детализацию состояния последствий и мер ликвидации.

Целью и задачами исследований является интроспективный мониторинг процессов экспертного принятия решений для предотвращения чрезвычайных ситуаций.

Методы и модели исследований. Поставленная задача интроспективного мониторинга определила и весь перечень информационной меры, что особенно важно при неопределенности создаваемого возмущения в пространстве объектов при идентификации чрезвычайных ситуаций или последствий после аварии.

Результаты исследований

Информационная мера обладает очевидным преимуществом инвариантности, что особенно важно при неопределенности создаваемой возмущениями в пространстве объектов. Так как для накопления информации используется операция усреднения, то применяя, оператор математического ожидания к информации I_{ω} получаем энтропию или ожидаемую информацию источника ω , то есть $M\{I_{\omega}\}=H_{\omega}$. Следовательно, при определении меры близости объекта и модели в задачах идентификации сложной или критичной ситуации приходим к использованию энтропии как меры близости. Безусловная энтропия выходной величины Y представляется в виде суммы количества информации о Y содержащейся в X и средней условной энтропии Y относительно X [2-3]:

$$H\{Y\} = I(Y, X) + H(Y|x). \quad (1)$$

Для дискретных переменных:

$$\begin{aligned} H\{Y\} &= -\sum_{i=1}^n p_i \log p_i; \\ I(Y, X) &= -\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n \frac{p_{ij}}{p_i r_j} p_{ij}; \\ H(Y|x) &= -\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n p_i \log p(y_i|x_j). \end{aligned} \quad (2)$$

В выражении (2) значения p_i и r_j представляют собой вероятности событий $Y=y_i$, $X=x_j$. Вероятность p_{ij} совместная вероятность $Y=y_i$ и $X=x_j$. Вероятность $p(y_i|x_j)$ – условная вероятность событий $Y=y_i$ при $X=x_j$. Безусловная энтропия выходной переменной представляется двумя составляющими: мерой количества информации о выходной переменной, которая может быть получена по входной переменной, и априорной неопределенностью, связанной с влиянием переменных отличных от x_i .

Тогда

$$\frac{H\{Y\}}{H\{Y\}} = \frac{I(Y, X)}{H\{Y\}} + \frac{H(Y|x)}{H\{Y\}} = 1. \quad (3)$$

Обозначив

$$q(X, Y) = \frac{I(Y, X)}{H\{Y\}}; \bar{q}(Y, X) = \frac{H(Y|x)}{H\{Y\}}. \quad (4)$$

Получаем

$$q(X, Y) + \bar{q}(Y, X) = 1. \quad (5)$$

В качестве информационной меры идентичности (ИМИ) предлагается использовать величину [3-5]

$$\bar{q}(Y, X) = \frac{H(Y|x)}{H\{Y\}}. \quad (6)$$

Данная мера обладает следующими свойствами: когда выходная величина Y полностью определяется входной величиной X , информационная мера идентичности обращается в ноль

$$\sum_{j=1}^n p(y_i / x_j) \log p(y_i / x_j) = 0, \quad (7)$$

так как все вероятности равны нулю, кроме одной, равной единице. Отсюда следует, что

$$H(Y|x) = 0, \bar{q}(Y, X) = \frac{H(Y|x)}{H\{Y\}} = 0. \quad (8)$$

С другой стороны при статистической независимости Y и X

$$H(Y|x) = H(Y), \bar{q}(Y, X) = \frac{H(Y)}{H\{Y\}} = 1. \quad (9)$$

Таким образом, информационная мера идентичности позволяет получить удобную оценку идентичности для моделей идентификации чрезвычайной ситуации.

Для непрерывных случайных величин X, Y [5-8]:

$$\begin{aligned} H(Y|x) &= - \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} f(x, y) \log \{l_y \phi(y/x)\} dx dy, \\ H(Y) &= \int_{-\infty}^{\infty} \phi(y) \log \{l_y \phi(y)\} dy, \\ I(X, Y) &= - \int_{-\infty}^{\infty} \int_{-\infty}^{\infty} f(x, y) \log \frac{\phi(y/x)}{\phi(y)} dx dy. \end{aligned} \quad (10)$$

В выражении (10) значение $f(x,y)$ - совместная плотность распределения величин X и Y ; $\phi(y)$ – плотность распределения Y ; $\varphi(x/y)$ – условная плотность распределения Y относительно X ; l_y - некоторый интервал, определяющий собой положение нуля на шкале энтропии – начало отсчета энтропии случайной величины Y . Если выбрать этот интервал таким образом, чтобы $H\{Y\}$ и $H\{Y/x\}$ были неотрицательны, то информационная мера идентичности может быть сформирована для объектов с непрерывными случайными входной и выходной величинами:

$$g\{X,Y\} = \frac{I\{X,Y\}}{1+I\{X,Y\}}; \bar{g}\{X,Y\} = \frac{1}{1+I\{X,Y\}}; g\{X,Y\} + \bar{g}\{X,Y\} = 1. \quad (11)$$

Естественно, свойства информационной меры идентичности сохраняются. Понятие информационной меры идентичности обобщается на статистические многомерные и динамические объекты. Для входного случайного вектора $X(X_1, X_2, \dots, X_n)$ и выходного вектора $Y(Y_1, Y_2, \dots, Y_n)$ имеем

$$\begin{aligned} H(Y_j | x_1, \dots, x_n) &= - \int_{-\infty}^{\infty} \dots \int_{-\infty}^{\infty} f(x_1, \dots, x_n, y_j) \log \{l_y \phi(y_j / x_1, \dots, x_n)\} dx_1 \dots dx_n dy_j, \\ H(Y_j) &= I(X_1, \dots, X_n, Y_j) + H(Y_j | x_1, \dots, x_n), \\ I(X_1, \dots, X_n, Y_j) &= - \int_{-\infty}^{\infty} \dots \int_{-\infty}^{\infty} f(x_1, \dots, x_n, y_j) \log \frac{\phi(y_j / x_1, \dots, x_n)}{\varphi(y_j)} dx_1, \dots, dx_n dy_j. \end{aligned} \quad (12)$$

При этом $I(X_1, \dots, X_n, Y_j)$ представляет собой количество информации о входной величине объекта, которое может быть получено по вектору входных величин при рассмотрении их совместного влияния на Y_j , а средняя условная энтропия $H(Y_j / X_1, \dots, X_n)$ является характеристикой той неопределенности, которая вызвана влиянием совокупности других факторов. Тогда аналогично одномерному случаю в качестве информационной меры идентичности принимается нормированное значение $I(X_1, \dots, X_n, Y_j)$ и в качестве меры не идентичности нормированное значение $H(Y_j / X_1, \dots, X_n)$.

$$g\{X_1, \dots, X_n, Y_j\} = \frac{I\{X_1, \dots, X_n, Y_j\}}{H\{Y_j\}}; \quad \bar{g}\{X_1, \dots, X_n, Y_j\} = \frac{H\{Y_j / X_1, \dots, X_n\}}{H\{Y_j\}}. \quad (13)$$

Известен подход к формированию критерия базиса признаков, основанный на определении количества информации [3]. Данный подход основан на оценке качества признаков x_l и x_s ; $l, s = 1, \dots, N$, на основе определения количества информации, которое получает система в процессе идентификации данного объекта в результате определения каждого из этих признаков. Так, для объекта принадлежащего одному из m классов, с априорными вероятностями классов $P(\Omega_j)$, $I_j, j=1, \dots, m$, с условными плотностями распределений значений признаков $f_j(x_l)$, $f_j(x_s)$ количество информации, получаемое системой при измерении признака x_l равно величине полной условной энтропии

$$\bar{H}(B / x_l) = - \sum_{j=1}^m P(\Omega_j) \sum_{i=1}^m \sum_{k=1}^{n_i} P(x_{l_k} / \Omega_j) P(\Omega_j / x_{l_k}) \log P(\Omega_j / x_{l_k}). \quad (14)$$

В случае если проведены эксперименты по оценки состояния чрезвычайной ситуации, связанные с определением признака x_l то количество информации, которое система получила в результате этих экспериментов, определяется разностью между полной энтропией системы и полной условной энтропией для оценки последствий ситуации и ее ликвидации

$$J_{x_l} = H(A) - \bar{H}(B / x_l). \quad (15)$$

При этом предполагается, что качество признака x_l тем больше чем больше количество информации, получаемое системой при определении данного признака. Таким образом, процедура обратной связи должна содержать не менее двух каналов: канал коррекции текущих возмущений и канал нормализации эталона по ожидаемым возмущениям [8-11].

Реализации структур, приведённых на рис. 1 и 2, затруднены тем, что непосредственное измерение информационных характеристик затруднено, и более удобно использовать обратную задачу в (16):

$$\begin{aligned} \omega^* &\rightarrow \inf_{u=u^*} I(\omega, \omega^*(u^*)) = 0; \\ u^* &\rightarrow \sup_{\omega=\omega^*} (f - f^*(\omega, \omega(u))) = 0; \\ f - f^*(\omega, \omega(0)) &< 0. \end{aligned} \quad (16)$$

что приводит к решению задачи в пространстве сигналов. Задача идентификации в пространстве сигналов ведёт к задаче создания системы управления – регулятора для ассоциативной памяти, обеспечивающей генерацию эталонных данных. Исходя из требования устранения статической ошибки, структура регулятора должна включать тракт накопления информации, тракт нормализации и тракт прогноза. Данная структура, рис.1, позволяет наиболее полно использовать информацию о объекте при решении задачи идентификации.

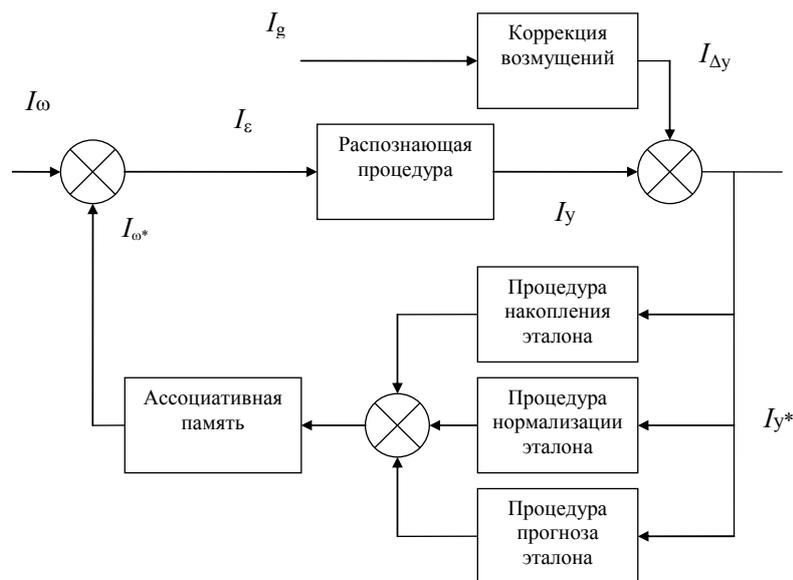


Рис. 1. Структура системы идентификации с прогнозом и компенсацией статистической ошибки при нормализации эталона в информационном пространстве



Рис. 2. Процесс формирования состава коллектива экспертов

Полученная структура информационной системы идентификации данных отвечает требованию инвариантности, и допускает получение независимости от возмущений и оптимальных динамических характеристик. Формализация процессов подготовки и проведения процедуры КЭО является необходимым условием перехода от субъективного искусства к нормативным правилам и моделям, обеспечивающим воспроизводимость, аргументированность и эффективность принимаемых решений, т.е. способствует формированию общей теории коллективного принятия решений. Процесс формирования коллектива экспертов (экспертной группы) может быть представлен следующим образом (рис. 2).

При определении уровня согласованности (определенного ЛПР заранее) задаем соответствующую количественную меру для матрицы сравнений A . Идеально согласованная матрица A порождает нормализованную матрицу N , в которой все столбцы одинаковы. Матрица сравнений A может быть получена из матрицы N путем деления элементов i -го столбца на w_i и выступать как основной идентификатор локализации чрезвычайной ситуации модели симуляции:

$$N = \begin{pmatrix} w_1 & w_1 & \dots & w_1 \\ w_2 & w_2 & \dots & w_2 \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ w_n & w_n & \dots & w_n \end{pmatrix} \Rightarrow A = \begin{pmatrix} 1 & \frac{w_1}{w_2} & \dots & \frac{w_1}{w_n} \\ \frac{w_2}{w_1} & 1 & \dots & \frac{w_2}{w_n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \frac{w_n}{w_1} & \frac{w_n}{w_2} & \dots & 1 \end{pmatrix}$$

$$\Rightarrow \begin{pmatrix} 1 & \frac{w_1}{w_2} & \dots & \frac{w_1}{w_n} \\ \frac{w_2}{w_1} & 1 & \dots & \frac{w_2}{w_n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \frac{w_n}{w_1} & \frac{w_n}{w_2} & \dots & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} w_1 \\ w_2 \\ \vdots \\ w_n \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} nw_1 \\ nw_2 \\ \vdots \\ nw_n \end{pmatrix} = n \begin{pmatrix} w_1 \\ w_2 \\ \vdots \\ w_n \end{pmatrix}$$

В компактной форме условие согласованности матрицы A формулируется следующим образом. Матрица A будет согласованной, когда

$$Aw = nw,$$

где w – столбец относительных весов $w_i, i = 1, 2, \dots, n$.

При условии несогласованности матрицы A относительный вес w_i аппроксимируется средним значением n элементов i -й строки нормализованной матрицы N . Обозначим через w вычисленную оценку наступления чрезвычайного события: $\overline{Aw} = n_{\max} \overline{w}$, где $n_{\max} \geq n$. В данном случае, чем ближе n_{\max} к n , согласованной является матрица сравнения A . При использовании методов ПС без обратной связи с экспертами будем использовать методы: «Линия» и «Саати». При определении некоторого множества $A = \{A_h\}$, $h = (1, k)$ альтернатив, которые подвергаем сравнению по качественному критерию C с целью определения относительных коэффициентов значимости w_h . Из сущности этих коэффициентов следует, что они должны быть положительными и удовлетворять условию нормирования (17). Предлагаем эксперту произвольно выбрать некоторую альтернативу A_q и выполнить ПС с каждой из $(k-1)$ оставшихся альтернатив относительно критерия C .

$$\sum_{h=1}^k w_h = 1. \quad (17)$$

В результате получено множество $D_q = \{d_{qh}\}$, $h \neq q$, степеней преимущества альтернативы A_q над остальными альтернативами и в общем случае A_q превосходит некоторые альтернативы последствий события. Введем понятие абсолютного веса v_h альтернативы A_h , как элемента критичности чрезвычайного события, под которым будем понимать количественную меру степени выраженности у альтернативы A_h , описываемого критерием C . Присваивая A_q вес v_q и задавши функцию:

$$v_h = f(v_q, d_{qh}), \quad (18)$$

вычисляем вес всех остальных альтернатив. На заключительном этапе применяя (17) и нормируя значения v_h получаем коэффициенты значимости w_h альтернатив относительно критерия C . Трудоемкость алгоритма «Линия», равна $(k-1)$, где k – количество альтернатив. К функции (18) предъявляем требование монотонности. Вид этой функции зависит от типа вопросов, которые ставятся перед экспертом в ходе ПС. При возникновении мультипликативного сравнения $v_h = v_q \phi(d_{qh})$, где $\phi(d_{qh})$ – произвольная монотонная функция при $\phi(1) = 1$.

Метод «Саати» является базовым для предложенных им методов аналитических иерархических и сетевых процессов поддержки принятия решений и прост в реализации при идентификации чрезвычайных ситуаций. Сущность его состоит в следующем: экс-

перту последовательно предъявляются пары альтернатив (A_i, A_j) и предлагается определить степень d_{ij} преимущества альтернативы A_i над альтернативой A_j относительно некоторого качественного критерия C . При предъявлении пары (A_i, A_j) эксперт определяет степень превосходства d_{ij} , тогда пара (A_j, A_i) уже не предъявляется, а степень преимущества d_{ji} . При наличии k альтернатив эксперт выполняет $k(k-1)/2$ сравнений, а соотношение:

$$d_{ji} = 1/d_{ij} \quad (19)$$

является базовым для метода «Саати». Элементы d_{ij} , $i, j = (1, k)$, образуют сверхтранзитивную квадратную матрицу ПС D . d_{ij} можно трактовать, как отношение весов альтернатив A_i и A_j , т.е. w_i/w_j

$$D = \begin{pmatrix} w_1/w_1 & w_1/w_2 & \dots & w_1/w_k \\ w_2/w_1 & w_2/w_2 & \dots & w_2/w_k \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ w_k/w_1 & w_k/w_2 & \dots & w_k/w_k \end{pmatrix}.$$

Существует несколько методов вычисления относительных весов альтернатив исходя из матрицы D , но наиболее математически обоснованным на наш взгляд является метод собственного вектора, предложенный Саати, поэтому используем его в работе. В качестве множества относительных весов альтернатив выбираются компоненты собственного вектора, соответствующего максимальному характеристическому числу λ_{\max} . Если матрица D удовлетворяет требованиям

$$\forall i, j, h \left[d_{ij} = (w_i/w_j) = (w_i w_h / w_j w_h) = (w_i/w_h)(w_h/w_j) = d_{ih} d_{hj} \right],$$

тогда $\lambda_{\max} = k$, где k - количество альтернатив; для несогласованной матрицы всегда $\lambda_{\max} \geq k$. По Саати, в качестве показателя степени согласованности элементов матрицы D используется величину индекса согласованности $CI = (\lambda_{\max} - k) / (k - 1)$. Для оценки достаточной ее степени необходимо использовать отношение согласованности $CR = CI / CIS$, где среднее значение CR вычисленное для большого количества случайным образом сгенерированных матриц ПС в фундаментальной шкале и удовлетворяющее (19). В случае необходимости непосредственного оценивания вариантов, каждому эксперту предлагается оценить альтернативные решения на множестве показателей качества и ситуаций неопределенности. Показатели качества в общем виде представляются, как:

$$X_t = \{ \tilde{X}_{it} \mid i = \overline{1, n}; t = \overline{1, v} \},$$

$$\tilde{X}_{it} = \{ x_{ijt} \mid i = \overline{1, n}; j = \overline{1, z}; t = \overline{1, v} \},$$

где X_t – определены t -м экспертом множество оценок альтернатив по разным показателям качества; \tilde{X}_{it} – множество оценок i -ой альтернативы по разным показателям качества, определенные t -м экспертом; x_{ijt} – оценка, определённая t -м экспертом для i -й альтернативы по j -му показателю качества.

Для ситуаций неопределенности, показатели качества принимают вид:

$$Y_t = \left\{ \tilde{Y}_{it} \mid i = \overline{1, n}; t = \overline{1, v} \right\},$$

$$\tilde{Y}_{it} = \left\{ y_{ikt} \mid i = \overline{1, n}; k = \overline{1, l}; t = \overline{1, v} \right\},$$

где Y_t – определены t -м экспертом множество оценок альтернатив при появлении разных ситуаций неопределенности; \tilde{Y}_{it} – множество оценок i -ой альтернативы при появлении разных ситуаций неопределенности, построенная t экспертом; y_{ikt} – оценка, определённая t экспертом i -й альтернативе при возникновении k -ой ситуации неопределенности.

В случае ранжирования альтернатив всем экспертам предлагается построить их ранжированный ряд по каждому показателю качества и каждой ситуации неопределенности. Каждой альтернативе ставится в соответствие определенный ранг. Для показателей качества:

$$G_t = \left\{ \tilde{G}_{it} \mid i = \overline{1, n}; t = \overline{1, v} \right\},$$

$$\tilde{G}_{it} = \left\{ g_{ijt} \mid i = \overline{1, n}; j = \overline{1, z}; t = \overline{1, v} \right\},$$

где G_t – множество рангов альтернатив по разным показателям качества, определенное t экспертом; \tilde{G}_{it} – множество рангов i -ой альтернативы по разным показателям качества, определенное t экспертом; g_{ijt} – ранг, определённый t экспертом i -й альтернативе по j -му показателю качества.

Для ситуации неопределенности соответствуют:

$$Q_t = \left\{ \tilde{Q}_{it} \mid i = \overline{1, n}; t = \overline{1, v} \right\}, \tag{20}$$

$$\tilde{Q}_{it} = \left\{ q_{ikt} \mid i = \overline{1, n}; k = \overline{1, l}; t = \overline{1, v} \right\}, \tag{21}$$

где Q_t – множество рангов альтернатив при появлении разных ситуаций неопределенности, определенное t экспертом; \tilde{Q}_{it} – множество рангов i -ой альтернативы при появлении различных ситуаций неопределенности, которое определено t экспертом; q_{ikt} – ранг, определённый t экспертом i -й альтернативе при возникновении k -ой ситуации неопределенности.

ПС альтернатив проводится на основании алгоритма, известного, как задача Штейнгауза. В результате, с помощью попарного сравнения альтернатив с использованием вышеупомянутого алгоритма, будет получен ранжированный список из n альтернатив по k_i показателю качества или n_j^S ситуации неопределенности, сформированный t экспертом. Аналогичным образом будет проводиться ПС альтернатив по другим показателям качества и ситуациями неопределенности, которые описывается выражениями (20)-(21). Построение групповой оценки методов решений проводится в случае, когда обработка оценок альтернатив не дает однозначного ответа о наиболее приоритетном решении, и осуществляется с помощью указанных выше методик. При необходимости непосредственного оценивания методов решений эксперты выставляют соответствующие оценки в балльной шкале. Для каждой альтернативы получается множество оценок по методам реализации, а так же разным показателям качества ситуации неопределенности, которая описывается:

$$X_t^{(i)} = \left\{ \tilde{X}_{pt}^{(i)} \mid i = \overline{1, n}; p = \overline{1, r}; t = \overline{1, v} \right\},$$

$$\tilde{X}_{pt}^{(i)} = \left\{ x_{pjt}^{(i)} \mid i = \overline{1, n}; p = \overline{1, r}; j = \overline{1, z}; t = \overline{1, v} \right\} y,$$

где $X_t^{(i)}$ – множество оценок относительно показателей качества, определенное t -м экспертом методом реализации i -ой альтернативы; $\tilde{X}_{pt}^{(i)}$ – множество оценок p метода реализации i -ой альтернативы относительно показателей качества, определенное t -м экспертом; $x_{pjt}^{(i)}$ – оценка, назначенная t -м экспертом для p метода реализации i -ой альтернативы по j -му показателю качества; r – общее количество методов решений.

$$Y_t^{(i)} = \left\{ \tilde{Y}_{pt}^{(i)} \mid i = \overline{1, n}; p = \overline{1, r}; t = \overline{1, v} \right\},$$

$$\tilde{Y}_{pt}^{(i)} = \left\{ y_{pkt}^{(i)} \mid i = \overline{1, n}; p = \overline{1, r}; k = \overline{1, l}; t = \overline{1, v} \right\},$$

где $Y_t^{(i)}$ – множество оценок относительно ситуаций неопределенности, определенное t -м экспертом по методу реализации i -ой альтернативы; $\tilde{Y}_{pt}^{(i)}$ – определенное t -м экспертом множество оценок p метода реализации i -ой альтернативы относительно ситуаций неопределенности; $y_{pkt}^{(i)}$ – оценка, назначенная t -м экспертом по p методу реализации i -ой альтернативы по k ситуации неопределенности: при необходимости ранжирования методов решений, каждый эксперт строит свой ранжированный ряд по каждому показателю качества и ситуации неопределенности. Ранжирование методов проводится аналогичным образом, как и ранжирование альтернатив:

$$G_t^{(i)} = \left\{ \tilde{G}_{pt}^{(i)} \mid i = \overline{1, n}; p = \overline{1, r}; t = \overline{1, v} \right\},$$

$$\tilde{G}_{pt}^{(i)} = \left\{ g_{pjt}^{(i)} \mid i = \overline{1, n}; p = \overline{1, r}; j = \overline{1, z}; t = \overline{1, v} \right\},$$

где $G_t^{(i)}$ – множество рангов относительно показателей качества, определенное t -м экспертом по методу реализации i -ой альтернативы; $\tilde{G}_{pt}^{(i)}$ – множество рангов p метода реализации i -ой альтернативы относительно показателей качества, определенное t -м экспертом; $g_{pjt}^{(i)}$ – ранг, назначенный t -м экспертом для p метода реализации i -ой альтернативы по j -му показателю качества

$$Q_t^{(i)} = \left\{ \tilde{Q}_{pt}^{(i)} \mid i = \overline{1, n}; p = \overline{1, r}; t = \overline{1, v} \right\},$$

$$\tilde{Q}_{pt}^{(i)} = \left\{ q_{pkt}^{(i)} \mid i = \overline{1, n}; p = \overline{1, r}; k = \overline{1, l}; t = \overline{1, v} \right\},$$

где $Q_t^{(i)}$ – множество оценок относительно ситуаций неопределенности, определенное t -м экспертом по методу реализации i -ой альтернативы; $\tilde{Q}_{pt}^{(i)}$ – множество оценок для p метода реализации i -ой альтернативы относительно ситуаций неопределенности, определенное t -м экспертом; $q_{pkt}^{(i)}$ – оценка, назначенная t -м экспертом для p метода реализации i -ой альтернативы по k -ой ситуации неопределенности.

ПС методов решений проводится аналогичным образом, как и парное сравнение альтернатив. В результате, нами будут получены ранги методов, которые исследуются на множестве показателей качества и ситуаций неопределенности. Определение вероятностей появления ситуаций неопределенности $P = \{p_1, p_2, \dots, p_l\}$ проводится в результате того, что степень возникновения какого-либо события влияющего на исследуемые решения, разная. Для обеспечения большей достоверности оценок вероятностей, экспертам необходимо иметь определенный опыт проведения экспертиз в данной проблемной области. Наиболее оптимально проводить оценку вероятностей в интервале $[0;1]$. Для определения групповой оценки вероятностей появления ситуаций неопределенности будем использовать:

$$P_j = \sum_{t=1}^v \lambda_t p_{jt},$$

где p_j – вероятность появления j -ой ситуации неопределенности; p_{jt} – вероятность появления j -ой ситуации неопределенности по мнению t -го эксперта; λ_t – коэффициент компетентности t -го эксперта.

В результате получено множество вероятностей появления ситуаций неопределенности $P = \{p_j \mid j = \overline{1, l}\}$ для чрезвычайной ситуации.

Выводы

Рассматривая в работе вопросы теоретического обоснования процесса идентификации экспертной системы оценки чрезвычайных ситуаций, можно сделать следующие выводы: показано, что пространство образов, пространство сигналов и информационное пространство, описывающее структуру системы компараторной идентификации, являются нормированными метрическими пространствами; одной из наиболее сложных задач, решаемых

при обеспечении устойчивости модели процесса идентификации чрезвычайных ситуаций является задача построения алгоритма генерации эталонных данных и решений.

Снижение рисков и смягчение последствий чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера в Российской Федерации остается ключевой задачей. Описанный подход корпораторной структуры по идентификации чрезвычайной ситуации адаптирован на базе локальных критериев.

Литература

1. Budnik, V., Chernyi, S. Future development of the world ocean mining for the industry // Procedia Engineering. - 2016. 150. pp. 2150-2156.
2. Экспертные оценки в социологических исследованиях/ С.Б. Крымский и др. – К.: Наукова думка. - 1990. – 318с.
3. Стерпин М.Ю., Шепелев Г.И. Метод представления знаний в интеллектуальных системах поддержки экспертных решений // Новости искусственного интеллекта. - 2000. №4(58). С.24–33.
4. Капитонова Ю.В. О некоторых работах по формированию и развитию идей искусственного интеллекта в статьях В.М. Глушкова// Кибернетика и системный анализ. - 2005. №1. С.3-24.
5. Колмогоров А.Н. О представлении непрерывных функций нескольких переменных в виде суперпозиций непрерывных функций одного переменного и сложения// Доклады АН СССР. - 1957. №5. С.953–956.
6. Овезгельдыев А.О., Петров Э.Г., Петров К.Э. Синтез и идентификация моделей многофакторного оценивания и оптимизации. Наукова думка. - 2002. 164 с.
7. Cover T.M. Geometrical and statistical of systems of linear inequalities with applications in pattern recognitions// IEEE Trans On Electronic Computers. - 1965. 14. pp.326-334.
8. Зуховицкий С.И., Авдеева Л.И. Линейное и выпуклое программирование. М: Наука. - 1967. 460 с.
9. Петров Э.Г., Пискалова О.А. Анализ подходов к решению задачи поиска оптимального решения в условиях неопределенности // Вестник ХНТУ. - 2007. 4(27). С. 14-19.
10. Driankov D., Eklund P.W., Ralescu A.L. (ed.). Fuzzy Logic and Fuzzy Control // Proc. IJCAI'91 Workshops on Fuzzy Logic and Fuzzy Control.: Springer-Verlag. - 1991. P. 157.
11. Zadeh L.A. Fuzzy sets as a basis for a theory of possibility // Fuzzy sets and Systems. 1978. № 1. P. 3-28.

Сведения об авторах

Черный Сергей Григорьевич, доцент, заведующий кафедрой электрооборудования судов и автоматизации производства Керченского государственного морского технологического университета, г. Керчь; доцент кафедры комплексного обеспечения информационной безопасности, Государственный университет морского и речного флота имени адмирала С.О. Макарова, Санкт-Петербург e-mail: sergiiblack@gmail.com

Доровской Владимир Алексеевич, профессор кафедры электрооборудования судов и автоматизации производства Керченского государственного морского технологического университета, г. Керчь; e-mail: dora1943@mail.ru