

УДК 510. 22

В.Ф. Золотухин, А.А. Захаров

**СТЕПЕНИ ВОЗМОЖНОСТИ КАК ПРЕДЕЛЫ ТЕХНОГЕННОГО РИСКА
В УСЛОВИЯХ НЕРАЗЛИЧИМОСТИ СОСТОЯНИЙ СЛОЖНЫХ СИСТЕМ**

В работе показано, что в ситуациях, когда не удается своевременно различить технические состояния сложных потенциально опасных объектов управления, традиционные методы оценивания риска должны быть дополнены новыми методами, основанными на возможностных оценках объективной первичной информации. На конкретном примере раскрывается сущность недостоверности и неразличимости как самостоятельных видов неопределенности.

Недостоверность; неразличимость информации; интервал неразличимости.

V.F. Zolotukhin, A.A. Zakharov

**POSSIBILITY DEGREES AS LIMITS OF TECHNOGENIC RISK
IN THE CONDITIONS OF INDISTINGUISHABILITY CONDITIONS OF
DIFFICULT SYSTEMS**

In work it is shown that in situations when it is not possible to distinguish in due time technical conditions of difficult potentially dangerous objects of the management, traditional methods of estimation of risk should be added by the new methods based on feasibility estimations of the objective primary information. On a concrete example the essence of unauthenticity and indistinguishability as independent kinds of uncertainty reveals.

Unauthenticity; indistinguishability information; an interval of indistinguishability.

Роль оценок техногенного и других видов риска становится все более важной по мере роста масштабов, структурной и функциональной сложности современных систем. Оценки риска крайне важны на этапе принятия решений о выборе управляющих воздействий, мер и средств обеспечения работоспособности и особенно, безопасности. Чаще всего на практике приходится принимать решения в ситуациях, когда технические состояния систем, представляющих объекты управления или управляющие подсистемы, не удается своевременно различить.

Основной результат, которому посвящена работа, носит прикладной характер. Он состоит в разработке содержательно обоснованной методики определения на основе объективных данных пределов риска сложных систем, когда в широко распространенных ситуациях их состояния не удается различить, и является следствием продуктивности в недостаточной мере исследованного разделения неопределенности информации на самостоятельные виды: недостоверную и неразличимую. В статье это разделение выполнено на этапе получения первичных данных о значении характеристики или о состоянии системы и соблюдается на всех этапах их переработки вплоть до принятия решения о конкретных организационных мероприятиях и средствах снижения риска.

Вначале рассмотрим вид неопределенности, состоящий в неразличимости истинного состояния системы, реального значения ее количественной характеристики.

Пусть имеет место детерминированная ситуация: реальное значение U характеристики наблюдаемой системы не изменяется, но система регистрации (СР) не может его отличить от соседних значений, например, на шкале прибора. Конечно, это неопределенность, так как U неразлично. Чтобы устранить или уменьшить эту неопределенность, либо совершенствуют СР, либо регистрация производится многократно [1]. Первый путь выходит за рамки статьи. Рассмотрим второй путь уменьшения неопределенности. Уже на этапе измерений имеют место два

способа извлечения первичных данных о значении u характеристики. Каждый из них требует применения своего научного подхода, своих математических моделей и методов обработки первичных данных.

При первом способе извлечения данных в любом сеансе i регистрируются подходящие на роль u недостоверные, «обремененные ложью» точечные оценки \tilde{u}_i , $i=1\dots k$. Как известно, полученные этим способом первичные данные при достаточном числе n сеансов других правдоподобных допущениях (главное из которых – статистическая устойчивость) позволяют найти оценку u с использованием теории вероятностей. В её рамках развит мощнейший аппарат теории ошибок измерений.

Таблица 1

Оценка	\tilde{u}_1	\tilde{u}_2	...	\tilde{u}_k
Число оценок	n_1	n_2	...	n_k
Частота оценок	S_1	S_2	...	S_k

Для наглядности в табл. 1 в символьной форме представлены недостоверные точечные оценки u , являющиеся первичными данными: точечная оценка u_i , кратность ее появления n_i и частота S_i для каждого $i = 1\dots k$. Ниже приведена общеизвестная зависимость (1) для расчета частоты S_i .

$$S_i = n_i / n, \quad n = \sum_{i=1}^k n_i. \quad (1)$$

Цель традиционного подхода – уменьшить неточность (недостоверность) первичных оценок, получить осредненную, может быть, самую близкую к u оценку. Чаще всего, это среднее арифметическое оценок \tilde{u}_{cp} :

$$u \approx \tilde{u}_{cp} = \sum_{i=1}^k \tilde{u}_i S_i. \quad (2)$$

Основной изъян традиционного подхода заложен в самом способе регистрации информации об u . Это сохраняющаяся недостоверность, ложность итоговой, выходной оценки. Недостоверными являются не только оценки типа \tilde{u}_{cp} , но и утверждение о том, что фактическое значение u характеристики принадлежит интервалу оценок

$$u \in [\tilde{u}_{\min}, \tilde{u}_{\max}], \quad (3)$$

где $\tilde{u}_{\min}, \tilde{u}_{\max}$ – точные нижняя и верхняя грань множества оценок $\{\tilde{u}_1, \tilde{u}_2, \dots, \tilde{u}_k\}$.

Понятно, что нельзя безоговорочно полагаться на недостоверные оценки, особенно при современных масштабах техногенной опасности [4].

Второй подход обусловлен следующим способом получения первичных данных: извлекается достоверная, безошибочная, хотя и недостаточно детализированная информация о значении характеристики u , так как в каждом сеансе в резуль-

тате регистрации получают интервал неразличимости, которому в обязательном порядке принадлежит u :

$$\exists!u, a_j \leq u \leq b_j \quad \exists!u, u \in [a_j, b_j], \quad (4)$$

где $\exists!u$ – квантор существования единственного элемента u среди остальных элементов интервала $[a_j, b_j]$.

В результате n -кратного применения второго способа регистрации будет выявлено n интервалов (5), в обязательном порядке содержащих u :

$$[a_1, b_1], \dots, [a_j, b_j], \dots, [a_n, b_n]. \quad (5)$$

Находя пересечение n интервалов, получим минимальный интервал неразличимости $[a, b]$, который по определению содержит u :

$$\exists!u \in [a, b] = \bigcap [a_j, b_j], j = 1 \dots n. \quad (6)$$

Математические средства, которых требует второй подход при определении первичных данных, совершенно иные. Во-первых, это теория множеств. Во-вторых, потребность применения в полном объеме аппарата интервального анализа. Сейчас этот аппарат хорошо разработан [2]. По сути дела, применяются функции, аргументами и значениями которых являются интервалы неразличимости (4), (6). При этом число аргументов такой функции может быть больше одного. Формально аппарат интервального анализа применим к интервалам типа (3) и доверительным интервалам, которые играют важную роль при вероятностном подходе. Однако в силу недостоверной принадлежности значений характеристик таким интервалам результаты применения интервального анализа без привлечения теоретико-вероятностных методов применительно к недостоверным данным не имеют практического значения.

До сих пор говорилось о детерминированных характеристиках. Распространим рассмотренные подходы на ситуацию невыявленности детерминированных состояний системы.

Допустим, в системе управления какого-либо сложного технического объекта имеется прибор, способный находиться в шести состояниях, которые определяют команды воздействия на режимы функционирования данной системы. В результате воздействия помех возникшей нестабильности электропитания или других факторов возникла ситуация, когда состояние прибора становится для системы неразличимым [3]. Пусть фактически прибор находится в состоянии 3. Однако из-за неразличимости в различных периодах управляющих воздействий система не может отличить фактическое состояние 3 от других состояний. В табл. 2 приводятся результаты регистрации состояния прибора при отсутствии неопределенности, а также в условиях применения традиционного и нового подходов.

Видно, что результат каждого периода управляющего воздействия при данном подходе включает подмножество состояний, состав которых зависит от воздействия различных факторов помех. Среди элементов такого подмножества в обязательном порядке находится состояние 3 (фактическое состояние прибора). В первом периоде системе не удастся отличить его от состояний 2 и 6. В этом случае возможен выбор управляющего воздействия на основе недостоверных данных (состояние 2).

Таблица 2

Наличие и вид неопределённости	Периоды			Средства моделирования
	1	2 ...	n	
Чёткая и достоверная информация	$\underline{3}$	$\underline{3} \dots$	$\underline{3}$	-
Недостоверный выбор подходящего объекта	2	6 ...	$\underline{3}$	Теория вероятностей с учётом проблемы достоверности
Неразличимая достоверная информация	$\langle 2, \underline{3}, 6 \rangle$	$\langle \underline{3}, 6 \rangle$ $\langle \underline{3}, 5 \rangle$	$\langle 1, 2, \underline{3} \rangle$	Алгебра подмножеств неразличимости

Это может привести к соответствующим негативным последствиям. Аналогично для остальных периодов. Учет же неразличимости с применением аппарата алгебры подмножеств неразличимости позволяет применять в качестве первичных достоверные данные, детализация которых в данных условиях не играет определяющей роли.

Также в табл. 2 показано, что при распознавании состояний системы, по-прежнему, недостоверность и неразличимость первичной информации требуют различных средств моделирования и математических методов.

Отметим, что к настоящему времени отсутствует математический аппарат алгебры подмножеств неразличимости, представляющих аналоги рассмотренных выше интервалов неразличимости и являющихся подмножествами конечного множества состояний системы.

Таким образом, даже в детерминированных условиях традиционный подход учёта неопределённости, обусловленной различными факторами, страдает недостоверностью результатов и (или) решений. Она крайне нежелательна в чрезвычайных и опасных ситуациях. Новый подход дает хотя и недостаточно детализированную, но истинную информацию. Поэтому он представляется либо более предпочтительным при мониторинге и обеспечении работоспособности и безопасности сложных технических систем, либо продуктивным дополнением к традиционному подходу.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Вентцель Е.С.* Теория вероятностей: Учебник для ВУЗов. 5-е изд. – М.: Высшая школа, 1998.
2. *Дюбуа Д., Прад А.* Теория возможностей. – М.: Радио и связь, 1990.
3. *Заде Л.А.* Основы нового подхода к анализу сложных систем и процессов принятия решений. Математика сегодня. – М.: Знание, 1974.
4. *Бирюков Г.П., Смирнов В.И., Торпачев А.В.* Разработка систем обеспечения безопасности функционирования ракетно-космических комплексов. – М.: Машиностроение, 2002.

Золотухин Владимир Филиппович

Ростовский военный институт ракетных войск.
E-mail: chita1983@rambler.ru.
344037, г. Ростов-на-Дону, пр. М. Нагибина, 24/50.
Тел.: +79188506022.

Захаров Андрей Александрович

Zolotukhin Vladimir Filippovich
Rostov Military Institute of Rocket Troops.
E-mail: chita1983@rambler.ru.
24/50, pr. M. Nagibina, Rostov-on-Don, 344037, Russia.
Phone: +79188506022.

Zakharov Andrey Aleksandrovich