

УДК 303.42, 614.8.02
<https://doi.org/10.32686/1812-5220-2022-19-5-90-97>

Риск, вероятность и восприятие

ISSN 1812-5220
© Проблемы анализа риска, 2022

Артюхин В.В.,
ФГБУ ВНИИ ГОЧС (ФЦ),
121352, Россия, г. Москва,
ул. Давыдовская, д. 7

Аннотация

В данной статье рассматриваются определения и современное понятие риска. Автором демонстрируются нормативные, технические и когнитивные проблемы, связанные с рассчитываемыми величинами возможного ущерба и вероятности негативного события, а также предлагается взглянуть на представление риска в отрыве от понятия вероятности. Целью работы является привлечение внимания к когнитивным аспектам риска и вероятности. Это представляется важным, поскольку, по мнению автора, особенности человеческого восприятия могут существенным образом искажать информацию — как собираемую и обрабатываемую в ходе процедуры анализа риска, так и представляемую по ее итогам. В качестве доводов в пользу авторской позиции используются результаты многолетних исследований ученых с мировыми именами.

Ключевые слова: риск; негативное событие; вероятность; восприятие; самоорганизующаяся критичность; модель; эвристика; психология.

Для цитирования: Артюхин В.В. Риск, вероятность и восприятие // Проблемы анализа риска. 2022. Т. 19. № 5. С. 90—97, <https://doi.org/10.32686/1812-5220-2022-19-5-90-97>

Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

Risk, Probability and Cognition

Valeriy V. Artiukhin,

All-Russian Research Institute
for Civil Defense and Emergency
Situations of EMERCOM of
Russia,
Davydkovskaya str., 7, Moscow,
121352, Russia

Abstract

This article discusses definitions and the modern concept of risk. The author demonstrates the normative, technical and cognitive problems associated with the calculated values of possible damage and the probability of a negative event, and also suggests looking at the definition of risk in isolation from the concept of probability. The aim of the work is to draw attention to the cognitive aspects of risk and probability. This is important, since, according to the author, the peculiarities of human perception can significantly distort information, both collected and processed during the risk analysis procedure. As arguments in favor of the author's position, the results of many years of research by world-famous scientists are presented.

Keywords: risk; negative event; probability; cognition; self-organizing criticality; model; heuristics; psychology.

For citation: Artiukhin V.V. Risk, probability and cognition // Issues of Risk Analysis. 2022;19(5):90-97, (In Russ.), <https://doi.org/10.32686/1812-5220-2022-19-5-90-97>

The author declare no conflict of interest.

Содержание

Введение

1. Несовершенная терминология
2. Восприятие вероятности и производных показателей
3. Риск без вероятности

Заключение

Литература

Введение

Процедура анализа рисков не идентична процедуре принятия решений. Чтобы принять решение на базе оценки риска, ответственному лицу или лицам требуется понять, осознать и воспринять ее результаты. Это касается и экономических рисков, и рисков негативных событий любого рода. В большинстве стандартных процедур по оценке рисков явно выделяется этап, называемый «коммуникацией риска». Однако достаточно ли оговориться, что передача информации, ее формат и состав оказывают значительное влияние на принимаемые впоследствии решения (что очевидно)? Возможно, имеет смысл не только рассмотреть тернистый путь от результатов расчетов до формирования того или иного вывода в разуме управленца, но и обратить внимание на само базовое понятие — «риск» в контексте его восприятия «простыми смертными». Это затрагивает такие аспекты проблемы, как теоретический и психологический, и целью данной статьи является привлечение внимания специалистов по риску к вопросам когнитивного свойства.

1. Несовершенная терминология

ГОСТ Р 51897-2011 «Менеджмент риска. Термины и определения» определяет риск как «следствие влияния неопределенности на достижение поставленных целей». Примечание 4 к этому определению гласит, что «риск часто представляют в виде последствий возможного события (включая изменения обстоятельств) и соответствующей вероятности»¹. «Неопределенность» в упомянутом ГОСТе трактуется в примечании 5 к определению термина «риск» как «состояние полного или частичного отсутствия информации, необходимой для понимания события, его последствий и их вероятностей». На взгляд автора данной работы, приведенное определение и примечания создают замкнутый круг: для определения риска нужны вероятность и последствия события, но в условиях неопределенности отсутствует информация для понимания как события, так и его последствий и вероятностей этих последствий.

Более поздний (действующий на момент написания статьи) ГОСТ Р 51897-2021 сокращает определение риска до «влияния неопределенности на достижение поставленных целей» (без «следствия»)². Согласно примечанию 1 «под влиянием неопределенности понимается отклонение от ожидаемого результата». Отдельное определение для «неопределенности» в документе отсутствует. Примечание 3 гласит, что «риск часто выражается через его источники, потенциальные события, их последствия и вероятность». В этой новой версии ГОСТа очевидно делается попытка трактовать риск более широко, расширить и проработать терминологический аппарат, связанный с ним, поднять риск как термин на более высокий, абстрактный уровень, но, к сожалению, без «последствий» и «вероятности» дело не обходится, а с ними, как далее будет показано, имеются значительные проблемы в части практического определения, понимания и использования.

Действительно, на практике риск оценивают зачастую посредством комбинации ущерба от не-

желательного события и его вероятности^{3, 4}. В простейшем случае в виде такой комбинации выступает произведение. Это кажется логичным концептуально. Однако неопределенность, как гласит текст выше, зачастую не позволяет адекватно (не говоря уж о точности) оценить именно эти две составляющие представления риска.

Для начала существует множество методик оценки ущерба от негативных событий для различных объектов: МЧС России пользуется одной, страховые компании — другой, а Ростехнадзор — третьей. Оценки ущерба для одного объекта и одного вида негативного события могут существенным образом различаться, а значит, будут сильно различаться и итоговые оценки рисков.

В приказе МЧС России № 329⁵, устанавливающим критерии информации о чрезвычайных ситуациях, прямой ущерб фигурирует как один из основных критериев для установления факта формирования ЧС. Из критериев информации о чрезвычайных ситуациях, установленных приказом МЧС России № 429⁶, заменившим предыдущий, ущерб как критерий исчез. Косвенно это свидетельствует о признании того факта, что ущерб невозможно оценить оперативно с необходимой точностью сразу после наступления негативного события. И это действительно так: ущерб от события или событий может нарастать и копиться в течение многих лет (взять хотя бы пример накопления опасных веществ в окружающей среде [1]). Парадокс заключается в том, что хотя мы соглашаемся с тем, что не в силах точно определить ущерб сразу после наступления события, в рамках анализа риска мы должны (и делаем вид, что можем) оценить его вообще до наступления этого события.

Вдобавок ко всему определение понятия «чрезвычайная ситуация» несколько раз менялось за

¹ ГОСТ Р 51897-2011. Менеджмент риска. Термины и определения.

² ГОСТ Р 51897-2021. Менеджмент риска. Термины и определения.

³ Федеральный закон «О техническом регулировании» от 27.12.2002 № 184-ФЗ.

⁴ ГОСТ Р 55059-2012. Безопасность в чрезвычайных ситуациях. Менеджмент риска чрезвычайной ситуации. Термины и определения.

⁵ Приказ МЧС России от 08.07.2004 № 329 «Об утверждении критериев информации о чрезвычайных ситуациях».

⁶ Приказ МЧС России от 05.07.2021 № 429 «Об установлении критериев информации о чрезвычайных ситуациях природного и техногенного характера» (зарегистрирован в Минюсте России 16.09.2021).

последние пару десятков лет, что сильно затрудняет, если оставляет возможным, прогнозирование числа и параметров ЧС на будущее.

Что же касается вероятности негативных событий, дело обстоит еще более непростым образом. А.Н. Колмогоров совершил научный подвиг, вписав теорию вероятностей в существующую структуру наук, по сути, сделал ее самой наукой — до него она была лишь набором хитрых фокусов и манипуляций. Аксиоматика Колмогорова включает определение вероятности как ограниченной меры для множеств (случайных событий) из абстрактного пространства элементарных событий. Когда мы хотим применить вероятность к реальной жизни, мы должны идентифицировать пространство элементарных событий. К примеру, если в прогнозе погоды говорится, что вероятность дождя составляет 95%, что за события измеряются? Имеется в виду множество всех людей, кто завтра выйдет на улицу, из которых 95% намочнет? Может быть, измеряется количество фрагментов площади города размером 1 кв. м, 95% из которых намочнут? Или это множество всех моментов времени, 95% из которых будет лить? Ситуация с авариями, природными катаклизмами и техногенными катастрофами ничем не проще, а, возможно, и сложнее [2, с. 301].

2. Восприятие вероятности и производных показателей

Хорошо. Возможно, не стоит столь строго относиться к вероятности, когда речь идет об оценке рисков. В конце концов, никто не пытается аксиоматизировать такие понятия реального мира, как мосты и мебель, что не мешает их проектировать и создавать. Может быть, так же можно относиться и к вероятности. Тогда хотелось бы задать конкретный вопрос чисто практического плана: насколько плюс или минус 2% к вероятности дождя скажется на решении обычного человека взять или не взять с собой зонтик, выходя на улицу (и скажется ли).

Тут мы переходим из области математики в область философии и психологии: что значит вероятность в реальном мире?

В 70-х и 80-х годах прошлого века Д. Канеман и А. Тверски изучали, каким образом люди интерпретируют вероятность. В частности, они предложили ряд вероятностных сценариев студентам

колледжа, сотрудникам факультета и обычным гражданам и обнаружили, что большинство людей не в состоянии сохранять какое-то более-менее стабильное представление о том, что значат разные значения вероятности. В лучшем случае они понимают, что значит «50 на 50» и «почти наверняка». Из работы указанных авторов мы должны заключить, что человек, анонсирующий погоду, не сможет объяснить разницу между 90 и 75% вероятности дождя. Не понимают эту разницу и слушатели прогноза [3, с. 22—38].

Дело в том, что теория вероятностей не проста и не интуитивна. Она вообще чужда человеческому способу мышления. Вне рамок четко сформулированных задач (зачастую в учебных целях) люди оценивают вероятности совершенно иначе, чем это диктуется формальной теорией, — они оценивают что-то другое, но называют это вероятностью. Причем это касается даже специалистов по теории вероятностей. Тому имеется множество доказательств, полученных социальными психологами-экспериментаторами еще 50 лет назад. Было установлено множество интересных фактов, в частности перечисленных ниже.

Даже в сфере азартных игр, где люди должны иметь некоторое представление о том, что делать с вероятностями, они могут демонстрировать удивительную слепоту и предубеждения. Вне таких ситуаций люди могут быть абсолютно не в состоянии увидеть необходимость такой «простой» вероятностной информации, как базовое значение (распределение).

В 1927 г. Бертран Рассел выдвинул гипотезу, согласно которой «общепринятая индукция зависит от эмоционального окраса случаев, а не от их числа». С одной стороны, это пример игнорирования базового значения, а с другой — пример действия эвристики доступности. Например, при ответе на вопрос, от чего люди умирают чаще: от рака или СПИДа, человек может начать перебирать случаи в памяти относительно своего окружения. Более эмоциональные случаи легче вспоминаются, не говоря уж о том, что у каждого свое окружение [4, с. 117—131; 5, с. 95]. Здесь стоит задуматься об эффективности методов экспертной оценки.

Люди считают, что в игре «Орел или решка» выпадение последовательностей «ОРОРОРО» или

«РРООРРОО» относительно невероятно по сравнению, скажем с «ООРОРРОР» или «РООРРРОО», поскольку первые две последовательности «не могут отразить случайность процесса» (в них нет очевидной случайности — присутствуют систематические паттерны) [6, с. 50—64].

Люди обычно делают «преувеличенные прогнозы», исходя из высоко неопределенных моделей. Например, они уверенно прогнозируют профессиональный выбор или академическую успеваемость человека на основе краткого описания его личности, даже если это описание взято из ненадежного источника [7, с. 132—143].

Люди часто не отличают ситуаций, где они обладают контролем, от ситуаций, где все зависит от случая. Эксперименты показывают, что игроки в кости бросают кубики аккуратно и слабо, если им нужна небольшая цифра, и выполняют резкий сильный бросок, если требуется большое значение [8, с. 244—250].

Люди имеют ложное представление о социальном консенсусе. Группу студентов попросили в течение дня выступить на кампусе ходячей рекламой с текстом «Завтракайте в кафе “У Джо”». Некоторые согласились, некоторые отказались. И той, и другой подгруппе задали вопрос: как вы думаете, какая часть подопытных согласилась и какая отказалась? Согласившиеся участники сочли, что 66% согласились. Отказавшиеся решили, что 66% отказались.

Значительное большинство людей уверены, что они лучше, чем среднестатистические водители, что они более вероятно, чем это есть в среднем, проживут более 80 лет, и что они менее вероятно, чем это есть в среднем, получают вред от потребляемых продуктов. Это реализация установки «со мной это не случится» [9, с. 473].

Изучая риски и страхование, экономист Г. Кунрейтер заметил, что защитные действия отдельных лиц и целых правительств обычно соответствуют худшему из бедствий, случившихся до текущего момента. Еще во времена египетских фараонов люди отслеживали уровни разливающихся рек и готовились соответственно, считая, что наводнение не поднимется выше существующей отметки. Более страшные бедствия всегда сложно представить.

Важность принятия решений, придаваемая неким результатам, не совпадает с вероятностью их

совершения, что противоречит принципу ожидания. Маловероятные исходы наделяют излишней весомостью, а в крайне вероятных результатах начинают сомневаться. Принцип ожидания, согласно которому значение взвешивается в соответствии с вероятностью, психологически несостоятелен [10, с. 182—183, 408]. Иными словами, повышение вероятности выиграть в лотерею с 0 до 1% субъективно представляется более значимым, чем, например, повышение с 5 до 6% (эффект возможности). Аналогично значимость выше у повышения вероятности выигрыша с 95 до 100%, чем у повышения с 90 до 95% (эффект определенности).

В 1974 г. П. Сапс предложил простую вероятностную модель, которая соответствует аксиомам Колмогорова и одновременно продолжает идеи Канемана и Тверски. В модели Сапса всего 5 значений для вероятности:

- «определенно истинно»;
- «более вероятно, чем нет»;
- «столь же вероятно, как и нет»;
- «менее вероятно, чем нет»;
- «определенно ложно».

На такой модели какую-либо интересную математическую теорию не построишь. Из нее можно вывести максимум полдюжины теорем с очевидными доказательствами. И если считать эту модель адекватной, то значительная часть используемых сегодня статистических методов совершенно бесполезна, поскольку они служат лишь для вычисления величин, разница между которыми находится за границами человеческого восприятия [2].

Сегодня же, пользуясь (или делая вид, что пользуемся) нормативной теорией вероятностей, мы перемножаем два множителя, из которых первый не в состоянии сколь-нибудь точно рассчитать (ущерб), а смысла второго не понимаем (вероятность), и на основе полученного произведения принимаем совершенно конкретные решения о распределении финансовых и других ресурсов, планировании мероприятий по защите от чрезвычайных ситуаций, изменении нормативной правовой документации и т. д.

Принимая во внимание все сказанное выше, необходимо заметить, что автор не преследует цели полностью дискредитировать понятие вероятности в применении к оценке рисков. Возможно, что

вероятностный подход в этом роде деятельности — самый лучший. Однако он однозначно не единственный (что будет показано ниже) и не наиболее интуитивно понятный, хотя и общепринятый. Если уж говорить о понимании, переходя в когнитивную психологию, то человеку куда ближе подход к предотвращению чрезвычайных ситуаций на основе норм и правил, поскольку на своем веку каждый из нас изучает и принимает множество норм и правил, и они нам «роднее» с точки зрения механизмов мышления и запоминания, чем вероятностные рассуждения.

3. Риск без вероятности

Можно ли оценить риск в отрыве от значения вероятности негативного события? Да, например, с помощью ранжирования однотипных объектов по степени подверженности определенному виду нежелательных событий. Этот подход вытекает из развития соображений Саппса относительно упрощенной вероятностной модели, а также теории самоорганизующейся критичности Бака, Танга и Виезенфельда [11]. Определенные аналогии можно увидеть и в теории Ч. Пэрроу [12], и в теории синергетических систем (например, что касается «сборки Уитни») [13, с. 9—24].

Система считается критической (в критическом состоянии), если она находится в процессе перехода между двумя фазами; например, вода в точке замерзания — это критическая система. Очень многие критические системы показывают схожее поведение в нескольких аспектах (например, в части наличия распределений с длинными хвостами для некоторых физических величин; для замерзающей воды это распределение размеров кристаллов льда, подчиняющееся степенному закону), и они достаточно распространены в природе. Последнее, на самом деле, не вполне логично. Критические системы обычно нестабильны. Для поддержания воды в частично замороженном состоянии необходим контроль температуры. Небольшое отклонение в температуре переводит воду в одну из фаз: жидкую или твердую. Но если такие системы в критическом состоянии нестабильны, то в природе они не должны встречаться часто.

Бак, Танг и Виезенфельд предложили в качестве решения явление, которое они назвали «самоор-

ганизирующей критичностью» (СОК) и заключающееся в том, что из любого начального состояния при отсутствии внешнего контроля система имеет тенденцию двигаться к критическому состоянию (и оставаться в нем) [11, 14].

Оставим более глубокие аспекты рассматриваемой теории и вернемся к предмету нашего рассмотрения. Если рассматривать все дома в мире как системы, подверженные феномену СОК, то мы можем сделать вывод о том, что все они двигаются в направлении своих критических точек, за которыми может последовать обрушение. Иными словами, всем домам на планете угрожает негативное событие в виде обрушения. То же касается и всех заводов, и всех участков трубопровода (в отношении разных наборов негативных событий). Для каждой конкретной системы/объекта нам неизвестно условное «расстояние» до его критической точки и скорость, с которой он к ней приближается, — неопределенность, как и в случае с вероятностью, присутствует (как и возможный не очень точный ущерб). Однако вместо того, чтобы присваивать каждому объекту в сочетании с негативным событием вероятность, мы составляем для каждого вида негативных событий упорядоченное множество объектов, которые могут быть ему подвержены. При этом наименьшие ранги (порядковые номера ближе к началу) в каждом множестве будут иметь те объекты, которые, с нашей точки зрения, наиболее подвержены негативному событию в ближайшее время, сулят наибольший субъективный неточный ущерб (здесь ущерб выступает не в сочетании с вероятностью, а в виде одного из факторов, определяющего положение объекта во множестве) и т. д.

Как рассчитывается ранг? На основании имеющейся исторической информации и информации из различных областей науки, какие события происходили со схожими объектами (по тем или иным критериям), какие ранги имеют схожие объекты, какие мероприятия для защиты объекта проводились, каков возможный ущерб? В результате получатся «живые» (динамические), постоянно меняющиеся цепочки (множества) объектов за счет включения новых объектов, исключения ликвидированных, перемещения оставшихся и т. д. (причем сама информация о перемещениях тех или иных объектов может быть весьма полезной для пересчета рангов

схожих объектов). Алгоритмы перемещений внутри множеств могут совершенствоваться постепенно. Сто или пятьдесят лет назад сделать такое было бы очень трудно, но с сегодняшними информационными технологиями, в частности, с технологиями больших данных, — вполне возможно.

Не стоит отказываться полностью и от системы предотвращения негативных событий на базе норм (жесткой системы нормирования). Основная проблема с такой системой заключается в том, что «норм слишком много». Однако и здесь информационные технологии могут помочь. Например, можно интегрировать проверку на соблюдение норм непосредственно в программное обеспечение для проектирования (в частности, промышленных объектов). Или, что еще лучше, разработать искусственный интеллект, изначально создающий типовые проекты с учетом соблюдения установленных норм. Конечно, для этого такое отечественное программное обеспечение должно существовать.

Заключение

Основной посыл данной статьи можно сформулировать так: «риск» применительно к негативным событиям — понятие сложное как с точки зрения составления однозначного определения, так и с точки зрения восприятия его составляющих (ущерба и вероятности). Что касается последнего и, в особенности, вероятности, за последние 50 лет был накоплен значительный опыт в отношении того, каковы ошибки нашего (*homo sapiens*) восприятия, что, к сожалению, не исцелило нас от самого недуга. Это не катастрофа, а широкое поле для деятельности.

На сегодняшний день нельзя выносить вопросы восприятия риска в какую-то отдельную часть концепции анализа риска, например, в «коммуникацию», поскольку когнитивные искажения, как было показано выше, могут возникать на любом этапе работы с рисками: в рамках идентификации риска, в ходе экспертных обсуждений, при выработке решений по итогам оценки и т. д.

Также рискология, помимо совершенствования непосредственно методов оценки риска, должна заниматься и такими вопросами, как обоснование эффективности и достаточности применения концепции анализа риска для тех или иных случаев.

В целом сложившаяся ситуация требует серьезных междисциплинарных исследований (синергии рискологии, психологии, социологии, педагогики и других наук) по темам, связанным с определением места риска и вероятности «в реальной жизни», а также с уточнением терминологии и разработкой новых образовательных методик для повышения компетенции индивидов в части вероятностных рассуждений.

Литература [References]

1. О'Коннор Дж. Искусство системного мышления: Необходимые знания о системах и творческом подходе к решению проблем. М.: Альпина Бизнес Букс, 2009. 256 с. [O'Konnor Dzh. The Art Systems' Thinking: Essential Knowledge of Systems and Creative Problem Solving. Moscow: The Alpina Publishing Group; 2009. 256 p., (In Russ.)]
2. Salsburg D. The Lady Tasting Tea. How Statistics Revolutionized Science in the Twentieth Century. New York: Holt Paperback; 2001.
3. Тверски А., Канеман Д. Принятие решений в условиях неопределенности: эвристики и предубеждения // Принятие решений в неопределенности: Правила и предубеждения / Под ред. Канемана Д., Словика П., Тверски А. М.: Генезис, 2005. 540 с. [Tverski A., Kaneman D. Decision Making under Uncertainty: Rules and Biases / Under ed. Kahneman D., Slovika P., Tversky A. M.: Genesis; 2005. 540 p., (In Russ.)]
4. Нисбетт Р.Е., Борджида Ю., Крендаль Р., Рид Х. Общепринятое положение: информация не обязательно информативна. Принятие решений в неопределенности: Правила и предубеждения / Под ред. Канемана Д., Словика П., Тверски А. М.: Генезис, 2005. [Nisbett R.E., Bordzhida Yu., Krendall R., Rid Kh. Conventional wisdom: information is not necessarily informative. Decision Making under Uncertainty: Rules and Biases. M.: Genesis; 2005, (In Russ.)]
5. Хэнд Д. Темные данные: Практическое руководство по принятию правильных решений в мире недостающих данных. М.: Альпина Паблишер, 2021. 380 с. [Khehd D. Dark Data: A Practical Guide to Making Good Decisions in a World of Missing Data. Moscow: The Alpina Publishing Group; 2021. 380 p., (In Russ.)]
6. Канеман Д., Тверски А. Субъективная вероятность: оценка репрезентативности // Принятие решений в неопределенности: Правила и предубеждения /

- Под ред. Канемана Д., Слолика П., Тверски А. М.: Генезис, 2005. [Kaneman D., Tverski A. Subjective Probability: Assessing Representativeness. Decision Making under Uncertainty: Rules and Biases. Moscow: Genesis; 2005, (In Russ.)]
7. Тверски А., Канеман Д. Каузальные схемы при принятии решений в условиях неопределенности // Принятие решений в неопределенности: Правила и предубеждения / Под ред. Канемана Д., Слолика П., Тверски А. М.: Генезис, 2005. [Tverski A., Kaneman D. Causal schemes in decision making under uncertainty. Decision Making under Uncertainty: Rules and Biases. Moscow: Genesis; 2005, (In Russ.)]
 8. Лангер Э. Дж. Иллюзия контроля // Принятие решений в неопределенности: Правила и предубеждения / Под ред. Канемана Д., Слолика П., Тверски А. М.: Генезис, 2005. С. 244—250. [Langer EH. Dzh. Illusion of having Control. Decision Making under Uncertainty: Rules and Biases. Moscow: Genesis. 2005. P. 244—250, (In Russ.)]
 9. Словик П., Фишхофф Б., Лихтенштейн С. Факты против страха: понимание воспринимаемого риска // Принятие решений в неопределенности: Правила и предубеждения / Под ред. Канемана Д., Слолика П., Тверски А. М.: Генезис. 2005. [Slovik P., Fishkoff B., Likhtenshtein S. Facts vs Fear: Understanding Perceived Risk. Decision Making under Uncertainty: Rules and Biases. Moscow: Genesis. 2005, (In Russ.)]
 10. Канеман Д. Думай медленно... решай быстро. М.: Издательство АСТ, 2021. 710 с. [Kaneman D. Think slow... decide fast. Moscow: AST Publishers. 2021. 710 p. (In Russ.)]
 11. Bak P., Tang C., Wiesenfeld K. Self-organized criticality: An explanation of the $1/f$ noise // Physical Review Letters, Vol. 59, Iss. 4. 1987.
 12. Perrow Ch. The Next Catastrophe. Reducing Our Vulnerabilities to Natural, Industrial, and Terrorist Disasters. Princeton University Press; 2011.
 13. Акимов В.А., Диденко С.Л., Олтян И.Ю. Нелинейная наука для исследования аварий, катастроф и стихийных бедствий. М.: ФГБУ ВНИИ ГОЧС (ФЦ). 2020. 134 с. [Akimov V.A., Didenko S.L., Oltyan I.Yu. Nonlinear Science for the Study of Accidents, Catastrophes and Natural Disasters. Moscow: VNI GOChS (FC). 2020. 134 p., (In Russ.)]
 14. Downey Allen B. Think Complexity. Sebastopol: O'Reilly Media, Inc.; 2012.

Сведения об авторе

Артюхин Валерий Викторович: кандидат экономических наук, доцент, ведущий научный сотрудник Федерального государственного бюджетного учреждения «Всероссийский научно-исследовательский институт по проблемам гражданской обороны и чрезвычайных ситуаций МЧС России» (федеральный центр науки и высоких технологий) (ФГБУ ВНИИ ГОЧС (ФЦ)), научно-исследовательский центр «Оценки рисков и предупреждения чрезвычайных ситуаций»

Количество публикаций: более 100, из них 8 монографий, 4 учебных издания

Область научных интересов: математическое и инструментальное моделирование, анализ данных, машинное обучение

Scopus Author ID: 57859104900

ORCID: 0000-0001-6215-103X

Контактная информация:

Адрес: 121352, г. Москва, ул. Давыдовская, д. 7
ikshot@mail.ru

Статья поступила в редакцию: 01.08.2022

Одобрена после рецензирования: 15.08.2022

Принята к публикации: 05.09.2022

Дата публикации: 31.10.2022

The article was submitted: 01.08.2022

Approved after reviewing: 15.08.2022

Accepted for publication: 05.09.2022

Date of publication: 31.10.2022