

УДК 62-781

DOI 10.23947/2541-9129-2019-2-56-61

**ПРИНЯТИЕ ТЕХНИЧЕСКИХ
РЕШЕНИЙ В УСЛОВИЯХ
НЕОПРЕДЕЛЕННОСТИ ПРИ
НАЛИЧИИ РИСКА***Дерюшев В. В., Косенко Е. Е.,
Косенко В. В., Зайцева М. М.*

Донской государственный технический
университет, г. Ростов-на-Дону, Российская
Федерация

deryushev@mail.ruA123lok@mail.rukosenko_verav@mail.rumarincha1@rambler.ru

Построена модель оценивания степени неопределенности при принятии технических решений. Она основана на сравнении данных обучающей выборки с их оценкой по предлагаемым в модели показателям.

Ключевые слова: безопасность эксплуатации, минимизация риска, неопределенность, принятие решений, обучающая выборка, замещающая функция, количественная оценка риска.

Введение. В настоящее время в инженерной практике все чаще приходится принимать решения в условиях неопределенности, когда последствия решений связаны с тем или иным риском. К рискам в данном случае относится возможность возникновения аварий, катастроф и других событий, определяемых понятием «безопасность эксплуатации». Очевидно, что в принятии тех или иных технических решений в условиях неопределенности, риск не может быть принципиально исключителен. Осознанное принятие риска и его минимизацию необходимо учитывать в современных условиях, избегая полного его игнорирования. Более того, иногда может оказаться выгодным не сводить риск к минимуму, а допустить его некоторый уровень, особенно в условиях неопределенности, добиваясь повышения общей полезности принимаемого решения. Это обусловлено тем фактом, что принятие решений без риска, например, с предельно пессимистической позиции при максимальной осторожности, как правило, невыгодно. При научном подходе решение необходимо принимать с позиции оценивания количественной величины риска, который имеет заданные границы при достижении результата с необходимой определенностью. Описанные ниже решения направлены на обеспечение эффективности принятия технических решений в условиях неопределенности при наличии осознанного риска.

Понятие риска и неопределенности. Принимаемое техническое решение в ситуациях, связанных с риском, кроме желаемого положительного результата, обязательно приводит к каким-либо потерям (финансовым, материальным, временным и т.д.). Величина этих потерь зависит от внешних условий (воздействий), причем эта зависимость носит не вероятностный, а возможностный характер, особенно при однократных решениях. В области инженерной практики понятие

UDC 62-781

DOI 10.23947/2541-9129-2019-2-56-61

**TECHNICAL DECISIONS IN UNCERTAIN
ENVIRONMENT AT RISK***Deryushev V. V., Kosenko E.E.,
Kosenko V.V., Zaytseva M.M.*

Don state technical University, Rostov-on-Don,
Russian Federation

deryushev@mail.ruA123lok@mail.rukosenko_verav@mail.rumarincha1@rambler.ru

A model has been built for estimating the degree of uncertainty in making technical decisions. It is based on a comparison of the results of decisions made (training sample) with their assessment based on indicators adopted for the intended decision making.

Keywords: operational safety, risk minimization, uncertainty, decision making, training sample, replacement function, quantitative risk assessment.

риска имеет значение «ответственности за принятое решение» [1]. Причем эта ответственность связана, прежде всего, с жизнью и здоровьем людей. Во всех случаях, в соответствии с требованиями современной науки, понятие риска должно давать возможность его количественного определения. В дальнейшем под риском будем понимать величину, характеризующую возможность получения нежелательного результата в рассматриваемой ситуации принятия решения. В частности, в [1] предложено определять величину риска как произведение величины нежелательного результата (или события, однозначно связанного с этим результатом) на меру возможности его достижения (или меру возможности наступления соответствующего события). Поэтому для количественной оценки риска прежде всего предположим, что каждый рассматриваемый вариант решения A_i из конечного множества вариантов $A_1, A_2, \dots, A_i, \dots, A_m$ однозначно связан с некоторым нежелательным результатом, зависящим от внешних условий (воздействий) F_j . В общем случае, в условиях неопределенности, множество внешних условий F описывается с помощью теории нечетких множеств и также является конечным, хотя принципиально возможно рассмотрение бесконечного нечеткого множества внешних условий $F_1, F_2, \dots, F_j$. Далее будем рассматривать ситуации принятия решения, когда при рассмотрении заведомо неприемлемых вариантов необходимо будет осуществить выбор. Считаем, что результаты, содержащиеся во множестве A , будут удовлетворять условиям с положительным итогом. В этом случае задача принятия решения заключается в снижении вероятности больших потерь при выборе альтернативы из множества A следующего вида [2]:

$$A_i = (e_{i1}, p_{i1}; \dots; e_{ij}, p_{ij}; \dots), i = 1, 2, \dots, m,$$

где e_{ij} — потери, возникающие при j -х внешних условиях, $j = 1, 2, \dots, n$; p_{ij} — возможность реализации j -х внешних условий при принятии i -го решения.

Как показано в [2], поставленная цель (уменьшение возможности возникновения больших потерь) может быть достигнута, если при оценке риска i -го решения в качестве меры возможности реализации определенных потерь e использовать специальную замещающую функцию $P_i(e)$, отражающую (как можно точнее) возможность возникновения больших потерь [3–5].

Построение замещающей функции в условиях неопределенности

Замещающая функция должна удовлетворять следующим требованиям [2].

Во-первых, функция $P_i(e)$ должна принадлежать такому семейству определенных на оси e функций $f(e, h)$ с параметром h , при котором для всех e из области интересующих нас значений E должно выполняться одно из следующих условий:

$$\begin{aligned} \text{если } h_a > h_b, \text{ то } f(e, h_a) &\geq f(e, h_b); \\ \text{если } h_a < h_b, \text{ то } f(e, h_a) &\leq f(e, h_b). \end{aligned}$$

Во-вторых, значения замещающей функции $P_i(e)$ и функции $f(e, h)$ должны лежать в следующем интервале

$$0 \leq f(e, h) \leq 1.$$

Первые два требования достаточно очевидны. При формулировке третьего требования учтем, что замещающая функция должна отражать возможность возникновения больших потерь при возрастании неопределенности при принятии решений. Поэтому целесообразно третье требование сформулировать в следующем виде:

$$P_i(e) = f(e, h_i),$$

где h_i — величина параметра h , при которой разность между функциями $f(e, h)$ и $P_i(e)$ является минимальной для всех значений h из области H_i , где выполняется условие:

$$f(e, h) \geq P_i(e).$$

Это означает, что функция $f(e, h)$ обеспечивает наибольшую точность верхних пределов возможностей больших потерь при возрастании степени неопределенности. Для выполнения последнего требования в работе [2] была введена специальная функция:

$$q(p, B) = (1 - B \times \ln p)^{-1/B}$$

Величина p здесь представляет собой значение замещающей функции $P_i(e)$, т.е. в данном случае $p = P_i(e)$. Параметр B определяет степень неопределенности в рассматриваемой ситуации принятия решения.

В соответствии с условием (2) величина p лежит в интервале $0 \leq p \leq 1$, следовательно, функция $q(p, B)$ всегда является неотрицательной и ее значения также лежат в интервале $[0, 1]$. Отсюда следует, что при всех интересующих потерях e из области значений E ,

$$\begin{aligned} \text{если } P_i(e) = P_j(e), \text{ то } q[P_i(e), B] &= q[P_j(e), B] \\ \text{и если } P_i(e) > P_j(e), \text{ то } q[P_i(e), B] &\geq q[P_j(e), B]. \end{aligned}$$

Поэтому при оценке риска сравнение замещающих функций $P_i(e)$ может быть сведено к сравнению функций $q[P_i(e), B]$, которые в данном случае также могут являться мерой возможности наступления i -го события, связанного с потерями e [6–9].

Величина B может принимать любые значения в интервале $[0, +\infty]$. Причем, чем больше значение B , тем больше степень неопределенности при принятии решения.

Оценка риска в условиях неопределенности

Предыдущие рассуждения позволяют теперь перейти к количественной оценке риска. В соответствии с введенным ранее определением, риском называется произведение величины потерь e , получаемых в результате принятия решения, на меру возможности наступления события, связанного с этим решением, т.е.

$$r = e \times q(p, B). \quad (6)$$

Учитывая, что $p = P_i(e)$, а замещающая функция подчиняется перечисленным выше требованиям, величина риска должна принадлежать некоторому множеству R_i , которое может быть выражено [10–13] следующим образом:

$$R_i = \{r | r \in R^+ \cap \forall e \in E \ r \geq e \times q[P_i(e), B]\}. \quad (7)$$

Для выполнения неравенства, входящего в (7), необходимо рассмотреть поведение замещающей функции $P_i(e)$. При изменении величины потерь в интервале $e_{ij-1} \leq e \leq e_{ij}$ ($j = 2, \dots, n$), функция сохраняет постоянное значение, т.е. $P_i(e) = \text{const}$. Когда величина потерь достигает заданных значений, т.е. при $e = e_{ij}$ функция $P_i(e)$ скачкообразно уменьшается. Следовательно, максимумы функции $r = e \times q[P_i(e), B]$ соответствуют абсциссам $e = e_{i1}, e_{i2}, \dots, e_{in}$. Из этого следует, что максимальное значение риска определяется по формуле

$$\max(r) = \max\{e \times q[P_i(e), B]\} = \max\{e_{ij} \times q[P_i(e_{ij}), B]\}, \quad (8)$$

$$e \in E \quad e_{ij} \in E \quad j \in N_i,$$

где $N_i = \{j | e_{ij} \in E\}$.

Очевидно, что неравенство $r \geq e \times q[P_i(e), B]$ эквивалентно неравенству

$$r \geq \max\{e \times q[P_i(e), B]\}, \quad e \in E$$

Тогда с учетом (8) выражение (7) примет вид

$$R_i = \{r | r \in R^+ \cap r \geq h_i\}, \quad (9)$$

где $h_i = \max\{e_{ij} \times q[P_i(e_{ij}), B]\}, j \in N_i$

Кроме того, для удовлетворения требований к замещающей функции необходимо, чтобы [2]:

$$f(e, h) = 1 \text{ при } e \leq h, \quad (10)$$

$$f(e, h) = \exp(-1/B) \cdot \exp[-1/B(e/h)^B] \text{ при } e \geq h$$

Отсюда вытекает справедливость первого из условий (1), т.е. если $h_a > h_b$, то $\forall e \in E f(e, h_a) \geq f(e, h_b)$. (11)

При оценке риска i -го решения необходимо среди всего множества величин риска $r \in R_i$ выбрать минимальное значение. Тогда из (9) и (11) следует, что

$$r_i = \min r = h_i \quad (12)$$

Таким образом, с учетом (5), (9) из выражения (12) следует, что величина риска i -го принимаемого решения определяется по формуле

$$r_i = \max_{r \in R_i} \{e_{ij} [1 - B \cdot \ln P_i(e_{ij})]^{-1/B}\}. \quad (13)$$

Для определения параметра B должно быть задано некоторое конечное множество P так называемых обучающих объектов, уровень безопасности эксплуатации которых объективно известен и может оцениваться числовым показателем. Это позволяет сформировать некую аппроксимирующую объективно существующую реальность (обучающую) матрицу парных взаимосвязей между данными объектами [14]:

$$Q = \|q_{rk}\|_{p,p}$$

Размер квадратной симметричной матрицы Q определяется количеством p рассматриваемых обучающих объектов из множества P , а ее элементами q_{rk} являются известные квадраты расстояний между r -м и k -м обучающими объектами на оси предпочтительности с точки зрения обеспечения безопасности [15, 16].

Для построения отношения S на парах обучающих объектов определим квадрат расстояния между r -м и k -м обучающими объектами на оси показателя z по формуле:

$$s_{rk}(b) = (z_r - z_k)^2 = \left[\sum_{j=1}^m b_j (x_{rj} - x_{kj}) \right]^2.$$

Тогда наблюдаемая структура взаимосвязей между обучающими объектами на оси показателя z

$$S(b) = \|s_{rk}\|_{p,p}.$$

При этом вектор b является фиксированным.

Проведем оценку соответствия с помощью функционала.

$$B = \sum_{r=1}^{p-1} \sum_{k=r+1}^p [s_{rk}(b) - q_{rk}]^2.$$

Величина этого функционала показывает степень неопределенности при оценивании результатов принятия решения.

Выше рассматриваются структура взаимосвязей между обучающими объектами и взаимосвязи, наблюдаемые на оси показателей z структуры.

Заключение. Построена модель оценивания степени неопределенности при принятии технических решений. Она основана на сравнении данных обучающей выборки с их оценкой по предлагаемым в модели показателям.

Библиографический список

1. Кини, Р. Л. Принятие решений при многих критериях: предпочтения и замещения : пер. с англ. / Р. Л. Кини, Х. Райфа. — Москва : Радио и связь, 1981. — 560 с.

2. Дерюшев, В. В. Обобщенный показатель достаточности для оценивания технического состояния строительной и подъемно-транспортной / В. В. Дерюшев, Е. Г. Сидельникова // Научное обозрение. — 2013. — № 9. — С. 164–167.
3. Авен, П. О. Построение интегрального показателя в критериальном пространстве / П. О. Авен // Автоматика и телемеханика. — 1985. — № 4. — С. 87–91.
4. Касьянов, В. Е. Метод получения совокупности конечного объема средневзвешенных напряжений в деталях машин / В. Е. Касьянов, Т. Н. Роговенко., М. М. Зайцева // Вестник Донского гос. техн. ун-та. — 2010. — Т.10, №1(44). — С. 91–94.
5. Дерюшев, В. В. Метод анализа иерархий разделяющихся признаков строительных и подъемно-транспортных машин / В. В. Дерюшев, Е. Г. Сидельникова, М. М. Зайцева // Строительство. Дороги. Транспорт : мат-лы междунар. науч.-практ. конф. — Ростов-на-Дону, 2015. — С. 129–130.
6. Заде, Л. А. Понятие лингвистической переменной и его применение к принятию приближенного решения / Л. А. Заде. — Москва : Мир, 1976. — 165 с.
7. Дерюшев, В. В. Структура и модель построения интегрального показателя для оценивания качества строительной и подъемно-транспортной техники / В. В. Дерюшев, Е. Г. Сидельникова // Научное обозрение. — 2013. — № 9. — С. 311–313.
8. Короткий, А. А. Риск-ориентированный подход к организации надзорной деятельности в области промышленной безопасности // А. А. Короткий [и др.] / Безопасность труда в промышленности. — 2016. — № 2. — С. 58–63.
9. Дерюшев, В. В. Анализ основных подходов к расчету комплексного показателя, учитывающего качество строительных и подъемно-транспортных машин / В. В. Дерюшев, Е. Г. Сидельникова // Строительство. Дороги. Транспорт : мат-лы междунар. науч.-практ. конф. — Ростов-на-Дону, 2015. — С. 107–108.
10. Роговенко, Т. Н. Метод получения совокупности конечного объема из малой выборки с помощью моделирования // Т. Н. Роговенко, М. М. Зайцева. — Деп. в ВИНТИ, 2008, №970, В2008.
11. Дерюшев, В. В. Алгоритм машинного обучения на основе анализа малых выборок // В. В. Дерюшев, А. А. Арташесян // Строительство и архитектура. Дорожно-транспортный факультет : мат. междунар. науч.-практ. конф. — Ростов-на-Дону, 2017. — С. 82–86.
12. Касьянов, В. Е. Оценка параметров распределения Вейбулла для совокупности конечного объема // В. Е. Касьянов, М. М. Зайцева. — Деп. в ВИНТИ, 2012, №21, В2012.
13. Дерюшев, В. В. Прогнозирование требований к характеристикам транспортных агрегатов с учетом экономических ограничений // В. В. Дерюшев, Е. Г. Сидельникова // Научное обозрение. — 2014. — № 9–3. — С. 888–890.
14. Дерюшев, В. В. Исследование организации проведения оценки уровня качества строительных машин и оборудования / В. В. Дерюшев, Е. Г. Сидельникова // Научное обозрение. — 2014. — № 11–3. — С. 778–781.
15. Роговенко, Т. Н. Анализ методов определения гамма-процентных значений прочностных характеристик // Т. Н. Роговенко, М. М. Зайцева. — Деп. в ВИНТИ, 2009, №201, В2009.
16. Rogovenko T.N., Zaitseva M.M. Statistical modeling for risk assessment at sudden failures of construction equipment// Rogovenko T.N., Zaitseva M.M. – MATEC Web of Conferences "International Conference on Modern Trends in Manufacturing Technologies and Equipment, ICMTMTE 2017", 2017. p. 05014.



Поступила в редакцию 01.11.2018

Сдана в редакцию 01.11.2018

Запланирована в номер 15.01.2019

Об авторах:

Дерюшев Виктор Владимирович,

главный научный сотрудник Донского государственного технического университета (РФ, г. Ростов-на-Дону, пл. Гагарина, 1), доктор технических наук,

deryushev@mail.ru

Косенко Евгений Евгеньевич,

доцент Донского государственного технического университета (РФ, г. Ростов-на-Дону, пл. Гагарина, 1), кандидат технических наук,

A123lok@mail.ru

Косенко Вера Викторовна,

доцент Донского государственного технического университета (РФ, г. Ростов-на-Дону, пл. Гагарина, 1), кандидат технических наук,

kosenko_verav@mail.ru

Зайцева Марина Михайловна,

доцент Донского государственного технического университета (РФ, г. Ростов-на-Дону, пл. Гагарина, 1), кандидат технических наук,

marincha1@rambler.ru