

Серeda С.Н.

*Муromский институт (филиал) федерального государственного образовательного учреждения высшего образования «Владимирский государственный университет имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых»  
602264, г. Муром, Владимирская обл., ул. Орловская, 23  
e-mail: sereda-2010@mail.ru*

### Выбор функции оценки риска как элемент системного анализа безопасности

Качественный и количественный анализ риска возникновения происшествий является необходимым инструментом системного анализа безопасности [1]. Различные методики оценки риска, например, индексы риска, матрицы вероятности/последствий, S – кривые и др., регламентируются стандартом системы менеджмента риска [2].

Рассмотрим математическую модель возможной функции оценки риска и ее применение для ранжирования потенциально опасных объектов и процессов [3]. Пусть в какой-либо системе требуется контролировать N параметров на соответствие установленным нормам или допустимым значениям. Тогда M – некоторое число параметров  $M \leq N$ , для которых выявлены несоответствия по результатам наблюдений за системой. Требуется дать количественную и качественную оценку результатов контроля. На основе вероятностного подхода можно определить первичную количественную характеристику риска, как относительную частоту несоответствий x в виде отношения

$$x = M/N, \quad (1)$$

Определим функцию риска  $R(x)$  как непрерывную возрастающую функцию, определенную на интервале  $x \in [0, 1]$ , принимающую значения  $R(x) \in [0, 1]$ , выраженные в относительных единицах. Тогда функция  $f(x) = 1 - R(x)$  является противоположной по смыслу характеристикой уровня безопасности, надежности, качества и др. Для количественной оценки уровня соответствия контролируемых параметров возьмем следующую функцию

$$f(x) = \frac{1-x}{1+x} \quad (2)$$

Её первообразная имеет вид

$$F(x) = 2 \cdot \ln(1+x) - x + C, \quad (3)$$

Для ранжирования уровней безопасности применим сегментацию площади ограниченной кривой функции оценки (2) на четыре области, соответствующих качественным уровням: L1 хороший, L2 удовлетворительный, L3 плохой, L4 критический (неприемлемый).

В качестве критериев выбора порогов сегментации функции оценки можно использовать, например, задание уровней аргумента x или значений функции f(x), исходя из прикладной области. Например, можно задать уровни согласно равномерному распределению. С другой стороны, можно определить пороги сегментации на основе соотношения площадей сегментов, ограниченных функцией оценки и осями координат. Способы задания отношений также могут определяться в контексте задачи. Например, можно использовать критерий равных площадей сегментов; критерий, базирующийся на принципе золотого сечения; прогрессивный критерий и др.

По критерию равных площадей площадь каждого из четырех сегментов одинакова  $S_k = 25\%$ .

По критерию золотого сечения вектор значений площадей сегментов составит

$$S = [\varphi^4 \quad \varphi^3 \quad \varphi^3 \quad \varphi^2], \quad (4)$$

где  $\varphi = 0,618034$  – коэффициент пропорции, а  $\varphi^k$  – k-я степень числа  $\varphi$ .

Согласно прогрессивному критерию площади сегментов можно задать как соотношения членов геометрической прогрессии

$$S_k = q^{k-1} \cdot \frac{(q^k - 1) \cdot b_1}{q - 1}, \quad (5)$$

где  $b_1 = q^0 = 1$  – первый член прогрессии; q – коэффициент пропорции.

Например, при  $q=3$  получим  $S = \left[ \frac{1}{40} \quad \frac{3}{40} \quad \frac{9}{40} \quad \frac{27}{40} \right]$ .

На рисунке 1 показаны диаграммы соотношений площадей сегментов, найденным по разным площадным критериям.

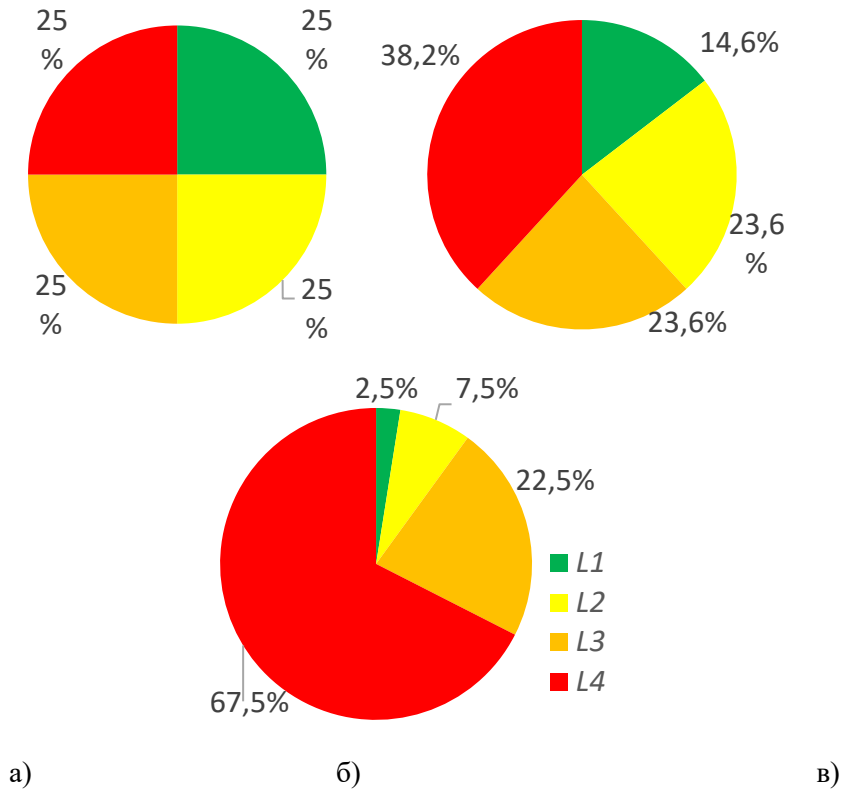


Рис. 1. Сегментация функции оценки по критериям:  
 а) равных площадей; б) золотого сечения; в) прогрессивный

Поскольку каждый сегмент представляет собой одну из четырех зон функции оценки  $f(x)$ , то задавая желаемые соотношения сегментов можно управлять системой оценки исходя из текущих условий.

Площади зон сегментов функции оценки можно найти по формуле

$$S = \int_{x_1}^{x_2} f(x) dx = F(x) \Big|_{x_1}^{x_2} = F(x_2) - F(x_1), \quad (6)$$

где  $F(x)$  – первообразная функции  $f(x)$ .

Для определения значений порогов сегментов по заданным площадям сегментов функции оценки необходимо решить обратную задачу, то есть найти обратную функцию  $x = F^{-1}(x)$ . На практике, аналитическое решение этой задачи может быть затруднительно. Поэтому, решение можно найти численным методом с помощью встроенной функции `root` в программе `Mathcad` для эквивалентной задачи поиска корня уравнения (рис.2), представляющего собой разностную функцию

$$f2(x) - g2(x, F(x)) = 0 \quad (7)$$

где  $f2(x) = \ln(1 + x)^2$ ;  $g2(x, F(x)) = x + F(x)$  – функции, составленные для функций (2) и (3).

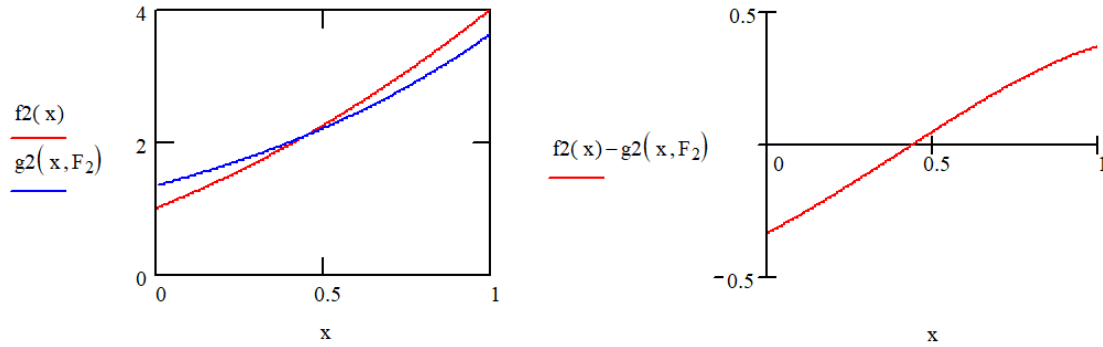


Рис. 2. Поиск корня разностной функции

В работе [3] представлены результаты анализа порогов сегментации для рассмотренной функции оценки риска, а также приводится класс эквивалентных функций, соответствующих заданным требованиям, которые также можно использовать при анализе риска.

### Литература

1. Белов П.Г. Управление рисками, системный анализ и моделирование. Учебник и практикум для бакалавриата и магистратуры. М.: Юрайт, 2014. – 728с.
2. ГОСТ Р 58771-2019 Менеджмент риска. Технологии оценки риска: дата введения 2020-03-01. М.: Стандартинформ, 2020. – 86с.
3. Середа С.Н. Оценка профессиональных рисков в контроле и управлении производственными процессами // Современные наукоемкие технологии, 2021. – №7. – С.61-66.