

Научная статья

УДК 519.237.5

EDN SLLPSU

DOI 10.17150/2713-1734.2024.6(2).209-220



**Ю.М. Краковский**

*Иркутский государственный университет путей сообщения,  
г. Иркутск, Российская Федерация*

**В. П. Киргизбаев**

*Иркутский государственный университет путей сообщения,  
г. Иркутск, Российская Федерация*

## **Программно-математическое обеспечение для исследования показателей эффективности экономики информационной безопасности**

**Аннотация.** Проведено моделирования работ, выполняемых сотрудниками службы информационной безопасности организации, обслуживающих корпоративную информационную систему. Нарушители при реализации угроз используют уязвимости объекта защиты, а это приводит к появлению событий и инцидентов информационной безопасности, которые необходимо устранять. Предложено программно-математическое обеспечение для моделирования этих работ, основанное на бюджетном фонде, состояние которого описывается случайной функцией специального вида. Для вычисления ее значений предложено использовать дискретно-имитационное моделирование. В качестве показателя эффективности предлагается вероятность «обнуления» бюджетного фонда, когда в нем отсутствуют финансовые средства. При имитационном моделировании этот показатель заменяется точечной и интервальной оценками. Проведена апробация созданного программно-математического обеспечения для пяти видов работ, связанных с инцидентами информационной безопасности. Получены практические рекомендации.

**Ключевые слова.** Дискретно-имитационное моделирование, бюджетный фонд, экономика информационной безопасности, показатели эффективности.

**Информация о статье.** Дата поступления: 30 января 2024 г.; дата принятия к публикации: 23 мая 2024 г.; дата онлайн-размещения: 19 июня 2024 г.

Original article

**Yu.M. Krakovsky**

*Irkutsk State Transport University,  
Irkutsk, Russian Federation*

**V.P. Kirgizbaev**

*Irkutsk State Transport University,  
Irkutsk, Russian Federation*

## **Software and Mathematical Tools for Analyzing the Efficiency Indicators of Information Security Economics**

**Abstract.** Simulations of tasks performed by the staff of an organization's information security service, maintaining a corporate information system, were conducted. Violators, in implementing threats, exploit vulnerabilities of the object of protection,

leading to the emergence of information security events and incidents that need to be addressed. A software and mathematical tool for modeling these tasks is proposed, based on a budget fund, the state of which is described by a random function of a special form. To calculate its values, discrete-event simulation is suggested. As an efficiency indicator, the probability of the 'zeroing' of the budget fund, when it lacks financial resources, is proposed. In simulation modeling, this indicator is replaced by point and interval estimates. The proposed software and mathematical tool was tested for five types of tasks related to information security incidents. Practical recommendations were given.

**Keywords.** Discrete-event simulation, budget fund, information security economics, efficiency indicators.

**Article info.** Received 30 January, 2024; Accepted 23 May, 2024; Available online 19 June, 2024.

## Введение

Безопасность — это свойство объекта сохранять состояние защищенности при наличии различных угроз. В данной работе объектом защиты являются системы обработки информации в виде распределенных информационных систем различного назначения, включая корпоративные информационные системы. Защита информации — это комплекс мероприятий, направленных на обеспечение важнейших аспектов информационной безопасности: целостности, доступности, конфиденциальности информации и ресурсов, используемых для ввода, хранения, обработки и передачи данных [1].

Информационная безопасность защищает информацию от широкого диапазона угроз и уязвимостей с целью обеспечения уверенности в непрерывности бизнеса, минимизации риска бизнеса, получения максимальной отдачи от инвестиций, а также реализации потенциальных возможностей бизнеса. Информационная безопасность достигается путем реализации соответствующего комплекса мер, методов и средств, которые могут быть представлены политиками, процессами, процедурами, организационными структурами, а также функциями программных и аппаратных средств.

Так как предприятия выполняют свои функции и производственные процессы в условиях частично отсутствующей информации (неопределенности), то начальные значения времени возникновения инцидентов (угроз) и само время их устранения имеют стохастический характер. Устранение последствий угроз будем называть работами. Эти работы осуществляют работники подразделений, связанных со службой по защите информации в структуре корпоративной автоматизированной (информационной) системы.

При реализации мер защиты информационных систем различного назначения большое внимание уделяется вопросам экономики информационной безопасности [2–4].

В статье [2] показано, что управление экономикой информационной безопасности включает в себя особые процессы и ме-

тоды для эффективного планирования, управления, мониторинга и контроля событий, связанных с защитой информации. Особое внимание уделяется квалификации специалистов, поскольку она значительно влияет на стоимость управления экономкой информационной безопасности. Авторы акцентируют внимание на динамике внешней инфраструктуры, связанной с научно-техническим прогрессом и увеличением угроз информационной безопасности, а также на изменениях в законодательстве, включая переход российских компаний на отечественное программное обеспечение.

В статье [3] рассматривается разработанная авторами математическая модель на основе симплекс-метода, которая позволяет оптимизировать расходы на информационную безопасность, учитывая различные уровни угроз и ограничения. Методика предлагает эффективный способ распределения ресурсов для максимизации защиты информации при минимальных затратах, что критически важно для экономической устойчивости предприятий.

В статье [4] авторы предлагают методику, основанную на имитационном моделировании предотвращенных потерь. Этот подход позволяет рассчитать экономические потери от возможных инцидентов информационной безопасности и оценить эффективность мер по их предотвращению. Методика учитывает вероятность возникновения инцидентов и их экономические последствия, повышая точность и объективность оценок.

Данные публикации подтверждают актуальность исследования экономики информационной безопасности с использованием различных математических методов и позволяют сформулировать цель работы.

Целью работы является создание программно-математического обеспечения для оценки показателей эффективности работ, связанных с обеспечением защищенности информационной системы на основе бюджетного фонда. Данное обеспечение реализуется моделирующей программой, использующей дискретно-имитационный подход [5; 6].

### Математическое описание задачи

Введем такие обозначения:  $m$  — число видов работ по устранению инцидентов информационной безопасности;  $j$  — номер вида работ или инцидента;  $T_j$  — интервалы между инцидентами  $j$ -го вида;  $Z_j$  — затраты для  $j$ -го вида работ;  $j = 1, 2, \dots, m$ . В затраты работ входит: их трудоемкость (зарплата сотрудников), стоимость комплектующих, необходимых аппаратных, технических и программных средств, расходные материалы и т. д.

Здесь  $T_j$  и  $Z_j$  — случайные величины с известными функциями распределения, зависящими от двух параметров. При вычислении их значений методом моментов используются значения двух

числовых характеристик: а) средних значений по затратам на выполнение работ ( $mz_j$ ), тыс. р. и средних значений по интервалам ( $mt_j$ ), сут.; б) коэффициентов вариации по затратам ( $kvz_j$ ) и по интервалам ( $kvt_j$ ).

При выполнении работ в процессе эксплуатации информационной системы предлагается использовать специальный фонд, названный бюджетным (БюдФ). Этот фонд используется в двух случаях: 1) когда выполняются работы, то из него осуществляется их оплата. Для этого необходимо вычислять время начала этих работ и величину затрат; 2) с какой-то периодичностью происходит пополнение этого фонда на рассчитанную величину.

Если величины, связанные с расходами, являются случайными, то величины, связанные с поступлениями, предлагается считать детерминированными.

Для вычисления состояния фонда во времени (определение величины денег в нем) предлагается функция  $Fs(t)$ , значения которой определяются методом дискретно-имитационного моделирования с использованием календаря событий. Эти события описывают либо процессы расходов из фонда, либо процессы его пополнения.

Отметим, что функция  $Fs(t)$  является нестационарным случайным процессом. Для моделирования данной функции нам потребуются следующие исходные данные:

- 1) время моделирования реализаций ( $T_m$ ), сут.;
- 2) количество дней в году ( $T_g$ ), сут.;
- 3) значение интервала для поступления платежа  $j$ -го вида работ ( $h_{y_j}$ ), сут.;
- 4) значение платежа для  $j$ -го вида работ ( $Y_{oj}$ ), тыс. р., (эти значения рассчитываются);
- 5) начальное состояние фонда ( $Fs_0$ ), тыс. р. (значение необходимо, чтобы доход был больше расхода [7]). Начальное состояние изменяется, чтобы исследовать его влияние на выбранные показатели;
- 6) число реализаций функции  $Fs(t)$ , обеспечивающих необходимую точность при моделировании ( $n_0$ ).

Обозначим расходы, необходимые в среднем для выполнения годового объема работ  $j$ -го вида

$$X_{oj} = Tg \cdot \frac{mz_j}{mt_j}, \text{ тыс. р.} \quad (1)$$

Тогда суммарные расходы в среднем с учетом (1) равны

$$X = \sum_{j=1}^m X_{oj}, \text{ тыс. р.} \quad (2)$$

Начальное значение предлагается вычислять в долях от величины (2)

$$Fs_0 = k \cdot X, \text{ тыс. р.} \quad (3)$$

Обозначим средний доход за время  $T_g$  для  $j$ -го вида работ

$$P_{oj} = Tg \cdot \frac{Y_{oj}}{h_{yj}}, \text{ тыс. р.} \quad (4)$$

Так как средние суммарные расходы (1) и средние доходы (4) равны, то это позволяет вычислять размер единичного платежа в фонд

$$Y_{oj} = h_{yj} \cdot \frac{mz_j}{mt_j}, \text{ тыс. р.} \quad (5)$$

Тогда с учетом принятых обозначений функция, описывающая состояние фонда, имеет вид

$$Fs(t) = Fs_0 + \sum_{j=1}^m Y_j(t) - \sum_{j=1}^m Z_j(t), \text{ тыс. р.} \quad (6)$$

Здесь  $Z_j(t)$  — суммарные расходы за время  $t$  для  $j$ -й работы, тыс. руб.;  $Y_j(t)$  — суммарные доходы для этой работы за это время, тыс. р.;

Найдем величину доходов за время  $t$

$$Y_j(t) = Y_{oj} \cdot N_{oj}(t), \text{ тыс. р.,} \quad (7)$$

где  $N_{oj}(t)$  — количество платежей за это время.

Найдем величину расходов за время  $t$

$$Z_j(t) = \sum_{q=1}^{N_j(t)} z_{qj}, \text{ тыс. р.,} \quad (8)$$

где  $N_j(t)$  — количество расходов;  $z_{qj}$  — значение  $q$ -го расхода для  $j$ -й работы (эти значения моделируются).

Далее, при моделировании функции (6) с учетом (7) и (8), вычисляются времена ( $s$ ), когда выполняется условие  $Fs(t) < 0$

$$s = \min_t (t : Fs(t) < 0), \text{ сут.} \quad (9)$$

Значения (9) описывают время, когда в фонде отсутствуют деньги для оплаты работ, связанных с устранением инцидентов (происходит «обнуление» БюдФ). Вероятность «обнуления» фонда предлагается в качестве показателя эффективности

$$p_t = P(s < S_t), \quad (10)$$

где  $S_t$  — интервал времени, через который предлагается определять эту вероятность.

В экономических исследованиях вероятности негативных событий (10) называют рисками. Дополнительно риски предлагается оценивать через коэффициент вариации в процентах

$$c_v = \frac{\sigma}{\mu} \cdot 100, (\%). \quad (11)$$

Здесь  $\sigma$  — значение среднеквадратического отклонения на интервале  $S_t$ ,  $\mu$  — значение математического ожидания на интервале  $S_t$ .

При дискретно-имитационном моделировании величина (10) оценивается через точечную ( $R_t$ ) и интервальную ( $\tau_1, \tau_2$ ) оценки [6]

$$\tilde{R}_t = k_t / n_0, \quad (12)$$

где  $k_t$  — число реализаций процесса (6), для которых формируются величины (9);

$$\tau_1 = k_t / [k_t + (n_0 - k_t + 1) \cdot F_1(v_1, v_2)], \quad (13)$$

где  $F_1(v_1, v_2)$  — критическое значение для  $F$ -распределения при  $v_1$  и  $v_2$  степенях свободы и доверительной вероятности  $\gamma = 0,95$ ;  $v_1 = 2 \cdot (n_0 - k_t + 1)$ ,  $v_2 = 2 \cdot k_t$ ;

$$\tau_2 = (k_t + 1) \cdot F_2(v_3, v_4) / [n_0 - k_t + (k_t + 1) \times F_2(v_3, v_4)], \quad (14)$$

где  $F_2(v_3, v_4)$  — критическое значение для  $F$ -распределения при  $v_3$  и  $v_4$  степенях свободы и доверительной вероятности  $\gamma = 0,95$ ;  $v_3 = 2 \cdot (k_t + 1)$ ,  $v_4 = 2 \cdot (n_0 - k_t)$ .

Коэффициент вариации (11) также заменяется точечной оценкой

$$c_{v\tau} = \frac{\sigma_\tau}{\mu_\tau} \cdot 100, (\%), \quad (15)$$

где  $\sigma_\tau$  — оценка среднеквадратического отклонения на интервале  $S_t$ ,  $\mu_\tau$  — оценка математического ожидания на интервале  $S_t$ .

Обозначим совокупность искомых значений (9), необходимых для вычисления показателей (12)–(15), следующим образом

$$Ts = (s_1, \dots, s_i, \dots, s_n). \quad (16)$$

Полученная выборка (16) является промежуточным результатом программного обеспечения, описанного ниже.

### Программное обеспечение задачи

Программное обеспечение разработано с использованием языка программирования Python версии 3.12 [8]. В созданном обеспечении используется ряд модулей из стандартной библиотеки Python (csv, random, sys, time, math). Для генерации случайных чисел применяется модуль random, использующий Вихрь Мерсенна. В программе используется модуль stats из сторонней библиотеки SciPy для расчета критических значений для  $F$ -распределения при известных степенях свободы и доверительной вероятности. Программное обеспечение может быть запущено на любой платформе (включая IBM-PC-совместимые компьютеры под управление ОС Windows 8/10/11 или Linux), которые имеют интерпретатор языка программирования Python версии 3.12, поддерживающий установку сторонних библиотек.

Моделирующая программа поддерживает различные типовые законы распределения интервалов времени между затратами и величин затрат (реализованы в программе алгоритмически).

По окончании моделирования заданного значения реализаций функции  $Fs(t)$  формируются выборочные значения (16). В дальнейшем эта выборка обрабатывается для получения значений предложенных показателей (12)–(15).

### Результаты апробации созданного программно-математического обеспечения

Апробацию созданного программно-математического обеспечения проведем для пяти видов работ:

- поддержка и модернизация программных средств защиты информации;
- восстановление работоспособности технических и программно-аппаратных средств защиты информации;
- резервное копирование важной информации (облачное хранение, зеркалирование и т.д.);
- поддержка, восстановление и модернизация средств защиты информации для сложных сетевых инфраструктур (Dallas Lock и т.д.);
- поддержка и модернизация криптографических средств защиты информации, включая программно-аппаратные комплексы.

В табл. 1 приведены исходные данные для этих работ (вероятностные модели и их числовые характеристики), предложенные экспертами для апробации.

Для интервалов предложены вероятностные модели (В. м.) в виде нормального распределения (Норм.), равномерного распределения (Равн.) и в виде бета-распределения (Бета). Для бета-распределения параметры  $p = q = 4$ , что соответствует правилу «трех сигм».

Для затрат выбраны логарифмически нормальное распределение (Логнорм.), распределение Бирнбаума-Саундерса (Б.-С.), гамма-распределение (Гамма) и распределение Парето с нулевой



точкой (Парето). Эти распределения используются при описании затрат в страховой математике [9], а также в теории надежности и при анализе рисков [10].

Таблица 1

### Вероятностные модели и их числовые характеристики

$j$	1	2	3	4	5
В. м. для интер.	Норм.	Бета	Равн.	Бета	Норм.
$mt_j$ , сут.	30,0	60,0	30,0	5,0	45,0
$kvt_j$	0,20	0,10	0,10	0,10	0,10
В. м. для затрат	Логнорм.	Б.-С.	Парето	Логнорм.	Гамма
$mz_j$ , тыс. р.	700,0	1000,0	200,0	120,0	500,0
$kvz_j$	0,25	0,25	1,25	0,30	0,15

С учетом формул (1) и (2), а также выбранных исходных данных (табл. 1), финансовые средства (тыс. р.), необходимые для выполнения годового объема всех работ (общие расходы) равны:  $X = 29\,440$  тыс. р. Начальное значение (3) определяется для двух вариантов:  $k = 5\%$  и  $10\%$ .

В табл. 2 приведены рекомендуемые интервалы для поступления платежей и рассчитанные размеры единичных платежей (5).

Таблица 2

### Значения рекомендуемых интервалов для поступления платежей и размеры единичных платежей

$j$	1	2	3	4	5
$h_{yj}$ , сут.	30,0	60,0	10,0	5,0	45,0
$Y_{0j}$ , тыс. ру.	700,0	1000,0	66,67	120,0	500,0

Результаты апробации по исходным данным, приведенным в табл. 1 и 2, приведены в табл. 3, число реализаций при моделировании функции (6) равно  $n_0 = 20\,000$ .

По результатам, приведенным в табл. 3, можно сделать такие выводы:

- увеличение начального значения функции (6) с  $5\%$  до  $10\%$  уменьшает значение показателя эффективности в виде точечной оценки вероятности «обнуления» БюдФ (12) для всех исследуемых интервалов времени  $S_j$ , сут.;

- так как интервальные оценки  $(\tau_1, \tau_2)$  вероятности «обнуления» БюдФ не пересекаются, то различие этого показателя эффективности статистически значимо;

- с увеличением длины интервала  $S_j$  число реализаций процесса (6), для которых формируются величины (9), растет, но уменьшается с увеличением начального значения функции (6).



Например, при  $k = 5 \%$  и  $S_t = 180$  сут.  $k_\tau = 10\,218$ , а при  $S_t = 270$  сут.  $k_\tau = 11\,482$ . Но если в последнем случае  $k = 10 \%$ , то  $k_\tau = 1\,987$ ;

– с увеличением длины интервала  $S_t$  точечная оценка ко-  
эффициента вариации (15) растет, но уменьшается с увеличени-  
ем начального значения функции (6). Например, при  $k = 5 \%$  и  
 $S_t = 180$  сут.  $c_{\nu_\tau} = 48,02$ , а при  $S_t = 270$  сут.  $c_{\nu_\tau} = 55,11$ . Но если в  
последнем случае  $k = 10 \%$ , то  $c_{\nu_\tau} = 33,114$ .

Таблица 3

Результаты апробации

$k, \%$	$S_t$ , сут.	$k_\tau$	$\tilde{R}_\tau$	$\tau_1$	$\tau_2$	$\sigma_\tau$ , сут.	$\mu_\tau$ , сут.	$c_{\nu_\tau}, \%$
5 %	90	5 709	0,285	0,280	0,291	14,03	60,8	23,08
	180	10 218	0,511	0,505	0,517	46,87	97,6	48,02
	270	11 482	0,574	0,568	0,580	62,13	112,7	55,11
	360	12 805	0,640	0,635	0,646	88,47	134,9	65,55
10 %	90	205	0,010	0,009	0,011	14,95	63,5	23,53
	180	1348	0,067	0,064	0,070	42,19	143,3	29,44
	270	1987	0,099	0,096	0,103	57,67	174,0	33,14
	360	3180	0,159	0,155	0,163	90,09	232,6	38,73

На рис. 1 и 2 приведены гистограммы частот выборочных зна-  
чений (9) для различных начальных значений (3) при  $S_t = 360$  сут.

Анализ приведенных гистограмм частот позволяет сделать  
вывод о том, что системные связи процессов пополнения и расхо-  
дов БюдФ носят сложный характер, что обосновывает применение  
для оценки показателей эффективности метода системного ана-  
лиза в виде дискретно-имитационного моделирования на основе  
календаря событий специального вида. Кроме того, такой подход  
позволяет не качественно, а количественно оценивать предложен-  
ные показатели эффективности.

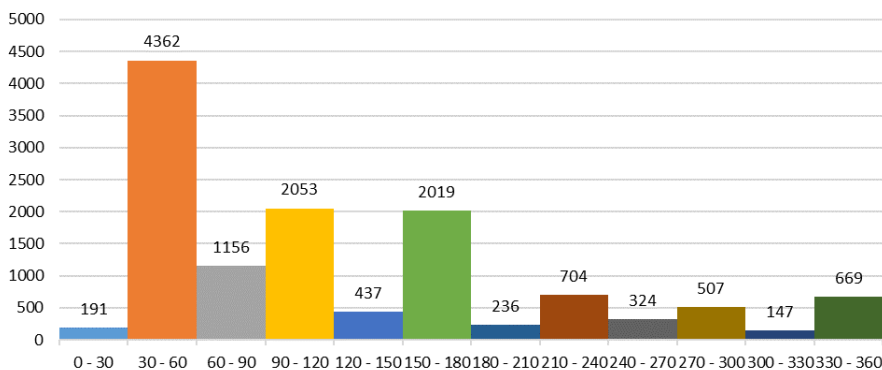
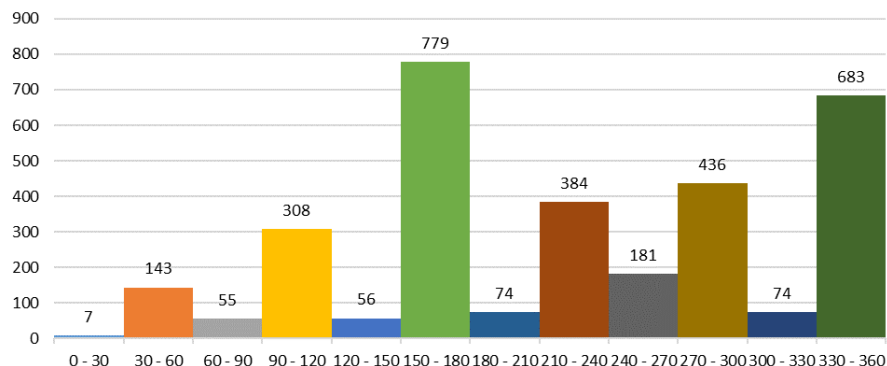


Рис. 1. Гистограмма частот для варианта  $k = 5\%$ , ширина столбца 30 сут.



*Рис. 2. Гистограмма частот для варианта  $k = 10\%$ , ширина столбца 30 сут.*

### Заключение

Созданы и апробированы математическое и программное обеспечения для вычисления показателей эффективности, характеризующие работу специалистов службы информационной безопасности организации, обслуживающих корпоративную информационную систему с целью ее защиты. Для повышения эффективности работ по устранению инцидентов и угроз безопасности информации предложено использовать бюджетный фонд, который используется для оплаты текущих работ и его пополнения. Показателями эффективности предложены риски в виде вероятности «обнуления» этого фонда и коэффициента вариации. Эти показатели при использовании дискретно-имитационного моделирования заменяются на их оценки (12)–(15). Апробация созданного программно-математического обеспечения проведена для пяти распространенных видов работ, используемых при обеспечении информационной безопасности корпоративных информационных систем. Получены практические рекомендации.

### Список использованной литературы

1. Краковский Ю.М. Методы защиты информации / Ю.М. Краковский. — EDN IRUVRJ. — Санкт-Петербург : Лань, 2021. — 236 с.
2. Оганесян Л.Л. Проектное управление в информационной безопасности / Л.Л. Оганесян, Н.С. Козырь. — EDN BDBENT // Вестник Академии знаний. — 2023. — № 4(57). — С. 207–209.
3. Сизов В.А. Моделирование экономики информационной безопасности субъекта экономической деятельности на основе симплекс-метода / В.А. Сизов, А.А. Дрожкин. — DOI 10.21686/2413-2829-2021-1-173-178. — EDN DRQQHB // Вестник Российского экономического университета им. Г.В. Плеханова. — 2021. — Т. 18, № 1(115). — С. 173–178.
4. Ефимов Е.Н. Оценка эффективности мероприятий информационной безопасности в условиях неопределенности / Е.Н. Ефимов, Е.М. Лапицкая. — EDN TWRBGJ // Бизнес-информатика. — 2015. — № 1(31). — С. 51–57.

5. Лоу А.М. Имитационное моделирование / А.М. Лоу, В.Д. Кельтон; под ред. В.Н. Томашевского. — Санкт-Петербург : Питер, 2004. — 846 с.
6. Краковский Ю.М. Моделирование ремонтных работ оборудования на основе случайного процесса риска / Ю.М. Краковский, Н.А. Хоанг. — DOI 10.37791/2687-0649-2020-15-6-5-15. — EDN AZFCRM // Прикладная информатика. — 2020. — Т. 15. — № 6. — С. 5–15.
7. Королев В.Ю. Математические основы теории рисков / В.Ю. Королев, В.Е. Бенинг, С.Я. Шоргин. — Москва : ФИЗМАТЛИТ, 2011. — 619 с.
8. Лутц М. Изучаем Python / М. Лутц; перевод с англ. и ред. Ю.Н. Артеменко. — 5-е изд. — Санкт-Петербург : Диалектика, 2019. — Т. 1. — 832 с.
9. Мак Т. Математика рискового страхования / Т. Мак; перевод с нем. Е. Курносова. — Москва : Олимп-Бизнес, 2005. — 411 с.
10. Краковский Ю.М. Моделирование перевозочного процесса железнодорожным транспортом: анализ, прогнозирование, риски / Ю.М. Краковский, С.К. Каргапольцев, В.А. Начигин; под ред. Ю.М. Краковского. — EDN XUMBQD. — Санкт-Петербург : ЛИТЕО, 2018. — 240 с.

### References

1. Krakovskii YU.M. *Information security methods*. Saint-Petersburg, Lan' Publ., 2021. 236 p. EDN: IRUVRJ.
2. Oganessian L.L., Kozyr' N.S. Project Management in Information Security. *Vestnik Akademii znaniy = Bulletin of the Academy of Knowledge*, 2023, no. 4, pp. 207–209. (In Russian). EDN: BDBEHT.
3. Sizov V.A., Drozhkin A.A. Modeling Economy of Information Security of Business Entity Based on the Simplex Method. *Vestnik Rossiiskogo ekonomicheskogo universiteta imeni G.V. Plekhanova = Vestnik of the Plekhanov Russian University of Economics*, 2021, vol. 18, no. 1, pp. 173–178. (In Russian). EDN: DRQQHB. DOI: 10.21686/2413-2829-2021-1-173-178.
4. Efimov E.N., Lapitskaya E.M. Evaluation of information security effectiveness measures under uncertainty. *Biznes-informatika = Business Informatics*, 2015, no. 1, pp. 51–57. (In Russian). EDN: TWRBGJ.
5. Law A.M., Kelton, W.D. *Simulation modelling Analysis*. 3<sup>rd</sup> ed. Boston, McGraw-Hill, 2000. 790 p. (Russ. ed.: Law A.M., Kelton W.D.; Tomashevskii V.N. (ed.). *Simulation modelling Analysis*. Saint-Petersburg, Piter Publ., 2004. 846 p.).
6. Krakovskii Yu.M., Khoang N.A. Modeling of Equipment Repair Work Based on a Random Risk Process. *Prikladnaya informatika = Journal of Applied Informatics*, 2020, vol. 15, no. 6, pp. 5–15. (In Russian). EDN: AZFCRM. DOI: 10.37791/2687-0649-2020-15-6-5-15.
7. Korolev V.Yu., Bening V.E., Shorgin S.YA. *Mathematical foundations of risk theory*. Moscow, FIZMATLIT Publ., 2011. 619 p.
8. Lutz M. *Learning Python*. Beijing, O'Reilly Media, 2008. 743 p. (Russ. ed.: Lutz M.; Artemenko Yu.N. (ed.). *Learning Python*. 5<sup>th</sup> ed. Saint-Petersburg, Dialektika Publ., 2019. Vol. 1. 832 p.).
9. Mak T. *Schadenversicherungsmathematik*. Karlsruhe, 2002. (Russ. ed.: Mak T. *Mathematics of risk insurance*. Moscow, Olimp-Biznes Publ., 2005. 411 p.).
10. Krakovskii Yu.M., Kargapol'tsev S.K., Nachigin V.A.; Kargapol'tsev S.K. (ed.). *Modeling the transportation process by rail: analysis, forecasting, risks*. Saint-Petersburg, LITEO Publ., 2018. 240 p. EDN: XUMBQD.

### Информация об авторах

**Краковский Юрий Мечеславович** — доктор технических наук, профессор, кафедра «Информационные системы и защита информации», Иркутский

государственный университет путей сообщения, г. Иркутск, Российская Федерация, e-mail: 79149267772@yandex.ru.

**Киргизбаев Владислав Павлович** — аспирант, кафедры «Информационные системы и защита информации», Иркутский государственный университет путей сообщения, г. Иркутск, Российская Федерация, e-mail: v.p.kirgizbaev@gmail.com.

### Information about the Authors

**Yuri M. Krakovsky** — D.Sc. in Technical Sciences, Professor, Department of Information Systems and Security Information, Irkutsk State Transport University, Irkutsk, Russian Federation, e-mail: 79149267772@yandex.ru.

**Vladislav P. Kirgizbaev** — PhD Student, Department of Information Systems and Security Information, Irkutsk State Transport University, Irkutsk, Russian Federation, e-mail: v.p.kirgizbaev@gmail.com.

### Вклад авторов

Все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

### Contribution of the Authors

The authors contributed equally to this article. The authors declare no conflicts of interests.

### Для цитирования

Краковский Ю.М. Программно-математическое обеспечение для исследования показателей эффективности экономики информационной безопасности / Ю.М. Краковский, В.П. Киргизбаев. — DOI 10.17150/2713-1734.2024.6(2).209-220. — EDN SLLPSU // System Analysis & Mathematical Modeling. — 2024. — Т. 6, № 2. — С. 209–220.

### For Citation

Kravovsky Yu.M., Kirgizbaev V.P. Software and Mathematical Tools for Analyzing the Efficiency Indicators of Information Security Economics. *System Analysis & Mathematical Modeling*, 2024, vol. 6, no. 2, pp. 209–220. (In Russian). EDN: SLLPSU. DOI: 10.17150/2713-1734.2024.6(2).209-220.