

DOI: 10.18287/2542-0461-2020-11-2-132-142

УДК 330.47



Научная статья / Scientific article

Дата: поступления статьи / Submitted: 17.02.2020

после рецензирования / Revised: 24.03.2020

принятия статьи / Accepted: 25.05.2020

В.Н. Никишов

Самарский национальный исследовательский университет
имени академика С.П. Королева, г. Самара, Российская Федерация
E-mail: tsh-sea05@yandex.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3629-4015>.

В.О. Левченко

Самарский национальный исследовательский университет
имени академика С.П. Королева, г. Самара, Российская Федерация
E-mail: vadlev83@yandex.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8648-3300>

Актuarные методы анализа информационных рисков

Аннотация: В статье описываются актуарные методы анализа информационных рисков. Дается понятие информационного риска, и приводятся стратегии и методы управления рисками. Рассматриваются оценки фонда на покрытие убытков в модели индивидуального риска, в модели коллективного риска и в модели Шуэтта – Несбитта. Исследуются методы оценки необходимого размера фонда и страховой премии. Полученные оценки могут быть использованы как носителем риска для формирования фонда, необходимого для покрытия убытков (метод финансирования риска), так и страховыми организациями для расчета страховой премии.

Ключевые слова: информационные риски, управление риском, страхование, актуарные методы анализа рисков, модели индивидуального и коллективного риска, модель Шуэтта – Несбитта, аппроксимации.

Цитирование. Никишов В.Н., Левченко В.О. Актuarные методы анализа информационных рисков // Вестник Самарского университета. Экономика и управление. 2020. Т. 11. № 2. С. 132–142. DOI: <http://doi.org/10.18287/2542-0461-2020-11-2-132-142>.

Информация о конфликте интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

V.N. Nikishov

Samara National Research University, Samara, Russian Federation
E-mail: tsh-sea05@yandex.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3629-4015>

V.O. Levchenko

Samara National Research University, Samara, Russian Federation
E-mail: vadlev83@yandex.ru. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8648-3300>

Actuary methods for analysis of information risks

Abstract: The article discusses actuarial methods of information risk analysis. The concept of information risk is given, and strategies and methods of risk management are described. The fund estimates for losses in the individual risk model, in the collective risk model and in the Shuette – Nesbitt model are considered. Methods for assessing the required size of the fund and insurance premium are considered. The estimates obtained can be used both by the risk holder to form the fund necessary to cover losses (risk financing method), and by insurance organizations to calculate the insurance premium.

Key words: information risks, risk management, insurance, actuarial methods of risk analysis, individual and collective risk models, Shuette – Nesbitt model, approximations.

Citation. Nikishov V.N., Levchenko V.O. Actuary methods for analysis of information risks. *Vestnik Samarskogo universiteta. Ekonomika i upravlenie* = *Vestnik of Samara University. Economics and Management*, 2020, vol. 11, no. 2, pp. 132–142. DOI: <http://doi.org/10.18287/2542-0461-2020-11-2-132-142>. (In Russ.)

Information on the conflict of interest: authors declare no conflict of interest.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ / INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

© *Виктор Николаевич Никишов* – кандидат физико-математических наук, доцент кафедры математики и бизнес-информатики, Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королева, 443086, Российская Федерация, г. Самара, Московское шоссе, 34.

© *Вадим Олегович Левченко* – старший преподаватель кафедры математики и бизнес-информатики, Самарский национальный исследовательский университет имени академика С.П. Королева, 443086, Российская Федерация, г. Самара, Московское шоссе, 34.

© *Victor N. Nikishov* – Candidate of Physical and Mathematical Sciences, associate professor of the Department of Mathematics and Business Informatics, Samara National Research University, 34, Moskovskoye shosse, Samara, 443086, Russian Federation.

© *Vadim O. Levchenko* – senior lecturer of the Department of Mathematics and Business Informatics, Samara National Research University, 34, Moskovskoye shosse, Samara, 443086, Russian Federation.

Введение

В современных условиях информационная безопасность часто становится предметом разбирательств в мировой политике – служит обоснованием протекционизма, является основой введения санкций и других экономических мер; рассматривается как угроза национальной безопасности и т. д.

В силу глобализации бизнеса, повсеместного распространения глобальных информационных сетей ни одно предприятие, ни один субъект бизнеса не может полностью избежать проблемы информационных рисков и гарантировать свою информационную безопасность.

В программе правительства «Цифровая экономика Российской Федерации» [1] предусматривается защита прав и законных интересов бизнеса в условиях цифровой экономики (пункт 5.10 «Дорожной карты» Программы), в частности за счет создания и развития специального сектора страхования информационных рисков (пункт 5.12 «Дорожной карты» Программы).

Информационные риски

Существует много подходов к определению информационных рисков. В данной статье под информационным риском будем понимать, во-первых, «чистый риск», имеющий три составляющие: 1) событие, обладающее признаками вероятности и случайности; 2) возможные убытки, допускающие оценку в денежном выражении в случае реализации события; 3) наличие имущественного интереса у носителя риска (субъекта бизнеса) в покрытии данных убытков. В этом случае первая составляющая информационного риска – событие (угроза информационной безопасности) – и является основой отнесения риска к категории информационных.

Во-вторых, к информационным рискам следует относить внешние риски, то есть риски, в основе которых лежит взаимодействие с внешними информационными сетями, например Интернетом и его службами, так как внутренние риски, обусловленные сбоем оборудования, ошибками и некомпетентностью персонала, несоответствующим программным обеспечением и т. п., являются рисками операционной деятельности, просто в современных условиях операционная деятельность любого субъекта бизнеса невозможна без применения компьютеров, информационных технологий, программного обеспечения и пр.

Перечень внешних событий или угроз информационной безопасности непрерывно расширяется – это вирусы, интернет-вымогательство, атака на сайт, интернет-мошенничество (введение в заблуждение с целью получения денег или конфиденциальной информации), кража персональных данных, несанкционированный доступ к информации, мошенничество в сфере платежных систем, электронных денег и т. д. и т. п.

Перечень возможных угроз информационной безопасности зависит от сферы деятельности и ее привлекательности для осуществления угроз. Перечень достаточно широк и хорошо известен, периодически рассматривается в литературе, в статьях, в обзорах информационно-аналитических агентств, в опросах руководителей бизнеса, приводится в целом ряде стандартов безопасности, изложен в методических документах ФСТЭК России и в данной работе не конкретизируется, так как эта тема отдельного рассмотрения.

Вторая составляющая информационного риска – это наличие убытков, допускающих оценку в денежном выражении. Согласно законодательству (ст. 15 ГК РФ), под убытками понимаются расходы, которые лицо, чье право нарушено, произвело или должно будет произвести для восстановления нарушенного права, утрата или повреждение имущества (реальный ущерб), а также неполученные доходы, которые это лицо получило бы при обычных условиях гражданского оборота, если бы его право не было нарушено (упущенная выгода). Для обоснования размера убытков должны быть представлены доказательства, например, в предпринимательской деятельности такими доказательствами будут являться акты о приемке поставленного товара (оказанных услугах), свидетельствующие о нарушении обязательств, акты экспертизы, калькуляции, документы о расходах и т. д. Убытки в форме упущенной выгоды (будущие убытки) также должны быть обоснованы, хотя это и более сложно: согласно пункту 4 статьи 393 ГК РФ при определении упущенной выгоды учитываются предпринятые кредитором меры для ее получения и сделанные с этой целью приготовления. На практике довольно часто размер упущенной выгоды устанавливается по решению суда.

Другой подход к определению размера убытков [2] основан на изменении стоимости активов в результате реализации риска. Под активами следует понимать технические, программные средства, информационные ресурсы и т. п., что еще более затруднительно для оценки убытков и хотя и может быть отнесено к реальному ущербу, но практическая оценка реального ущерба и в этом случае все равно потребует документально подтвержденных расходов.

Наличие имущественного интереса в покрытии убытков пострадавшей стороны обычно трудностей не вызывает и доказывается на основе права собственности, хозяйственного ведения, оперативного управления, договорных обязательств и т. п.

Управление информационными рисками

Управление чистыми рисками основано на трех стратегиях: отказ от риска, риск на себя и передача риска; содержит два основных метода управления рисками (табл. 1) [3; 4]. Методы трансформации риска – это меры, принимаемые до наступления риска (до событийные меры); методы финансирования риска – это меры, которые будут приняты в случае реализации риска (послесобытийные меры).

Таблица 1 – Стратегии и методы управления рисками
Table 1 – Strategies and methods of risk management

Стратегия	Методы трансформации риска	Методы финансирования риска
Отказ от риска	Нет	Нет
Риск на себя	Деление информации; Копирование информации, приобретение технических и программных продуктов, повышающих информационную безопасность	Покрытие убытков из выручки, резервов, фондов, займов
Передача риска	Аутсорсинг риска – передача риска на ответственность специализированным организациям	Страхование, спонсорская помощь, договоры о материальной ответственности

Основой принятия решений по управлению информационными рисками является оценка риска с точки зрения возможных убытков в случае реализации рисков, то есть принятие решений на основе метода финансирования риска. Размер фонда на покрытие убытков служит оценкой размера страховой премии для страховых организаций и основой выбора стратегии и метода управления для субъекта бизнеса, подверженного информационным рискам.

В настоящее время нет надежной статистической базы для оценки информационных рисков – в основном мы имеем дело с данными опросов ряда руководителей бизнеса, проводимых российскими и зарубежными информационно-аналитическими информационными агентствами.

Особенностью управления информационными рисками является практически всегда отсутствие виновной стороны и/или доказательств в отношении конкретного субъекта, нарушающего информационную безопасность, и, следовательно, практически всегда – невозможность покрытия убытков за счет виновной стороны.

Покрытие убытков производится потерпевшей стороной самостоятельно (из выручки, резервов, за счет специальных фондов, займов и т. д.) или за счет средств страховщика (сегодня этого в РФ пока нет). Страхование информационных рисков – только одна из стратегий и один из методов управления информационными рисками.

Оценки фонда на покрытие убытков в модели индивидуального риска

Страхование как метод финансирования риска направлено на компенсацию убытков страхователя в результате реализации информационных рисков и оставляет в стороне многое другое, например потерю деловой репутации, имиджа, антирекламу, судебные разбирательства с клиентами страхователя, усиление конкурентов и прочее.

При наступлении убытков довольно много времени и усилий требуют от страхователя доказательная база, оформление документов, возможные судебные разбирательства по поводу отнесения события в разряд страховых случаев и оценки размера убытков.

Кроме того, страховая премия, как хорошо известно, состоит из двух частей: первая часть направлена на покрытие убытков, вторая часть – на покрытие расходов страховой компании. По мнению страхователей, вторая часть слишком велика, что заставляет субъектов бизнеса пытаться обойтись без страхования за счет резервирования собственных средств – это дает возможность получения, например, процентного дохода от размещения зарезервированных средств и избежать трудностей общения со страховыми компаниями. Это мнение широко распространено среди страхователей, но на самом деле это не так.

Носитель риска формирует фонд на покрытие убытков, исходя из того, что риск был реализован (метод финансирования риска), и в этом случае размер фонда составит величину

$$\varphi = E(Y) + \beta \sqrt{D(Y)} = m + \beta \cdot \sigma = m(1 + \beta \cdot k), \quad (1)$$

где $k = \sigma / m$ – коэффициент вариации размера убытка, а коэффициент β выбирается с целью достаточности фонда для покрытия убытков с заданной вероятностью, например, при вероятности 95 % коэффициент β , согласно неравенству Бьенэме – Чебышева [5], будет равен $\beta = 10 / \sqrt{5} \approx 4.5$.

Страховая организация в модели индивидуального риска [6] для статистически однородной группы из n страхователей ориентируется на вероятности наступления риска q , средние значения убытка $E(Y) = m$ и дисперсии убытка $D(Y) = \sigma^2$.

Размер страховой премии на одного страхователя Φ / n с учетом нагрузки в размере f составит величину [6]:

$$\Phi / n = \frac{\Phi_0 / n}{(1 - f)} = \frac{qm}{(1 - f)} \left(1 + \frac{1.645}{\sqrt{nq}} \sqrt{1 - q + k^2} \right), \quad (2)$$

где $\alpha = \alpha(0.95) \cong 1.645$ – квантиль нормального распределения уровня 0.95 (табл. 2).

Таблица 2 – Оценки фонда φ и размера страховой премии Φ / n в модели индивидуального риска

Table 2 – Estimates of the fund φ and the size of the insurance premium Φ / n in the individual risk model

n	100	300	500	1000	100	300	500	1000
q	0.1	0.1	0.1	0.1	0.25	0.25	0.25	0.25
m	1	1	1	1	1	1	1	1
$k = \sigma / m$	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
φ	1.823	1.823	1.823	1.823	1.823	1.823	1.823	1.823
Φ_0 / n	0.156	0.132	0.125	0.118	0.332	0.297	0.287	0.276
f	30 %	30 %	30 %	30 %	30 %	30 %	30 %	30 %
Φ / n	0.223	0.189	0.178	0.168	0.475	0.425	0.410	0.394
$\Phi_0 / n / \varphi$	8.5 %	7.3 %	6.9 %	6.5 %	18.2 %	16.3 %	15.7 %	15.1 %
$\Phi / n / \varphi$	12.2 %	10.4 %	9.8 %	9.2 %	26.0 %	23.3 %	22.5 %	21.6 %

Как можно видеть, размер фонда φ , формируемого носителем риска самостоятельно в рамках метода финансирования риска, намного больше размера страховой премии Φ/n даже при очень большой нагрузке: $\varphi > \Phi/n$ [7; 8].

Оценки фонда на покрытие убытков в модели коллективного риска

В модели коллективного риска [6–8] наступление убытков рассматривается как случайный процесс.

В этом случае совокупный убыток у носителя риска есть случайная величина s , даваемая выражением

$$s = Y_1 + Y_2 + \dots + Y_\nu,$$

где ν – случайная величина, описывающая поступление убытков за рассматриваемый период, например, для процесса Пуассона:

$$P(\nu = k) = \pi_k = \frac{\lambda^k}{k!} \exp(-\lambda).$$

Для данного процесса $E(\nu) = D(\nu) = \lambda$.

Учитывая, что размер убытков Y также является случайной величиной, с помощью свойств условного математического ожидания и дисперсии [9–11] находим

$$E(s) = E(\nu)E(Y) = \lambda m \text{ и } D(s) = E(\nu)D(Y) + D(\nu)(E(Y))^2 = \lambda E(Y^2) = \lambda m^2(1 + k^2).$$

Считая выполненными условия центральной предельной теоремы, размер фонда, формируемого носителем риска для покрытия убытков с вероятностью 95 %, будет даваться величиной

$$\varphi = E(s) + 1.645\sqrt{D(s)} = \lambda m \left(1 + \frac{1.645}{\sqrt{\lambda}} \sqrt{1 + k^2} \right). \quad (3)$$

Для страховой компании имеет место тот же самый процесс Пуассона поступления убытков с параметром $n\lambda$ и тем же самым распределением убытков: $E(Y) = m; D(Y) = \sigma^2$.

Соответственно, размер страховой премии на одного страхователя составит

$$\Phi/n = \frac{\Phi_0/n}{(1-f)} = \frac{\lambda m}{(1-f)} \left(1 + \frac{1.645}{\sqrt{\lambda n}} \sqrt{1 + k^2} \right) \quad (4)$$

и, как правило, меньше фонда φ , формируемого носителем риска.

Отметим, что при оценке размера фонда в модели коллективного риска учитывается как дисперсия размера убытков $D(Y)$, так и дисперсия возможного количества убытков $D(\nu)$ за рассматриваемый период, в то время как в модели индивидуального риска учитывается только дисперсия размера убытков (табл. 3).

Таблица 3 – Оценки фонда φ и размера страховой премии Φ/n в модели коллективного риска

Table 3 – Estimates of the fund φ and the size of the insurance premium Φ/n in the collective risk model

n	100	300	500	1000	100	300	500	1000
λ	0.1	0.1	0.1	0.1	2.5	2.5	2.5	2.5
m	1	1	1	1	1	1	1	1
$k = \sigma/m$	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
φ	0.682	0.682	0.682	0.682	5.408	5.408	5.408	5.408
Φ_0/n	0.158	0.134	0.126	0.118	2.791	2.668	2.630	2.592
f	30 %	30 %	30 %	30 %	30 %	30 %	30 %	30 %
Φ/n	0.226	0.191	0.180	0.169	3.987	3.811	3.757	3.703
$\Phi_0/n/\varphi$	23.2 %	19.6 %	18.5 %	17.4 %	51.6 %	49.3 %	48.6 %	47.9 %
$\Phi/n/\varphi$	33.1 %	28.0 %	26.4 %	24.8 %	73.7 %	70.5 %	69.5 %	68.5 %

В случае применения модели коллективного риска для носителя риска оценки фонда, формируемого в рамках метода финансирования риска, более приемлемы, так как учитываются математические ожидания и дисперсии, как частоты угроз $E(v), D(v)$, так и их последствий $E(Y), D(Y)$.

Оценки фонда на покрытие убытков в модели Шуэтта – Несбитта

Угрозы нарушения информационной безопасности в течение рассматриваемого периода поступают, как правило, из разных источников и могут в хорошем приближении считаться независимыми. В этом случае модели индивидуального и коллективного риска дают независимые оценки фонда на покрытие угроз каждого вида.

Другой подход рассмотрения совместного воздействия рисков в целях оценки фондов на покрытие убытков основан на обобщении формулы полной вероятности.

В целях более наглядного изложения будем рассматривать 4 вида угроз, соответственно, 4 вида событий $A_i, i = \overline{1,4}$ с вероятностью наступления $q_i, i = \overline{1,4}$ за рассматриваемый период времени и соответствующими средними значениями убытков $m_i, i = \overline{1,4}$ в случае реализации.

Пусть $D_i, i = \overline{1,4}$ – вероятности того, что наступит i событий из рассматриваемых четырех безотносительно наступления других событий:

$$D_1 = \sum_{i=1}^4 P(A_i); D_2 = \sum_{i,j=1}^4 P(A_i A_j), i \neq j; D_3 = \sum_{i,j,k=1}^4 P(A_i A_j A_k), i \neq j \neq k; D_4 = P(A_1 A_2 A_3 A_4).$$

Для независимых событий $A_i, i = \overline{1,4}$:

$$D_1 = q_1 + q_2 + q_3 + q_4; D_2 = q_1 q_2 + q_1 q_3 + q_1 q_4 + q_2 q_3 + q_2 q_4 + q_3 q_4;$$

$$D_3 = q_1 q_2 q_3 + q_1 q_2 q_4 + q_1 q_3 q_4 + q_2 q_3 q_4; D_4 = q_1 q_2 q_3 q_4.$$

Введем $P_{[i]}, i = \overline{1,4}$ – полные вероятности того, что из 4 событий наступит ровно i событий. В этих условиях формула Шуэтта – Несбитта [7; 8] дает связь между D_i и $P_{[i]}$ для любого набора коэффициентов $c_i, i = \overline{0,4}$, а именно:

$$c_0 P_{[0]} + c_1 P_{[1]} + c_2 P_{[2]} + c_3 P_{[3]} + c_4 P_{[4]} = c_0 + D_1 \Delta c_0 + D_2 \Delta^2 c_0 + D_3 \Delta^3 c_0 + D_4 \Delta^4 c_0. \quad (5)$$

Здесь Δ – оператор сдвига такой, что $\Delta c_k = c_{k+1} - c_k$.

На основе (5), выбирая тот или иной набор коэффициентов c_i , можно вычислить выражения для $P_{[i]}, i = \overline{1,4}$. Например, для вычисления $P_{[3]}$ положим: $c_0 = c_1 = c_2 = c_4 = 0; c_3 = 1$. Вычисления $\Delta^k c_0$ приведены в таблице 4.

Таблица 4 – Вычисление $\Delta^k c_0$ для $c_0 = c_1 = c_2 = c_4 = 0; c_3 = 1$

Table 4 – Calculation $\Delta^k c_0$ for $c_0 = c_1 = c_2 = c_4 = 0; c_3 = 1$

i	c_i	Δc_0	$\Delta^2 c_0$	$\Delta^3 c_0$	$\Delta^4 c_0$
0	0	0	0	1	-4
1	0	0	1	-3	-
2	0	1	-2	-	-
3	1	-1	-	-	-
4	0	-	-	-	-

Отметим, что при наборе коэффициентов $c_0 = 1; c_1 = c_2 = c_3 = c_4 = 0$ формула Шуэтта – Несбитта дает отсутствие случаев реализации рисков: $P_{[0]} = 1 - D_1 + D_2 - D_3 + D_4$.

Для рассматриваемого случая 4 событий выражения для $P_{[i]}, i = \overline{1,4}$ будут иметь вид:

$$P_{[1]} = D_1 - 2D_{[2]} + 3D_{[3]} - 4D_{[4]}; P_{[2]} = D_2 - 2D_{[3]} + 6D_{[4]}; P_{[3]} = D_3 - 4D_{[4]}; P_{[4]} = D_{[4]}. \quad (6)$$

С каждой вероятностью $P_{[i]}$ свяжем соответствующие математические ожидания размера возможных убытков $Y_{[i]} = E(Y|v=i)$. В частности, для рассматриваемой группы из 4 независимых событий имеем следующие выражения:

$$\begin{aligned} Y_{[1]} &= (q_1 m_1 + q_2 m_2 + q_3 m_3 + q_4 m_4) / D_1; \\ Y_{[2]} &= (q_1 q_2 (m_1 + m_2) + q_1 q_3 (m_1 + m_3) + q_1 q_4 (m_1 + m_4) + \\ &+ q_2 q_3 (m_2 + m_3) + q_2 q_4 (m_2 + m_4) + q_3 q_4 (m_3 + m_4)) / D_2; \\ Y_{[3]} &= (q_1 q_2 q_3 (m_1 + m_2 + m_3) + q_1 q_2 q_4 (m_1 + m_2 + m_4) + \\ &+ q_1 q_3 q_4 (m_1 + m_3 + m_4) + q_2 q_3 q_4 (m_2 + m_3 + m_4)) / D_3; \\ Y_{[4]} &= q_1 q_2 q_3 q_4 (m_1 + m_2 + m_3 + m_4) / D_4. \end{aligned} \quad (7)$$

Размер страховой премии на одного страхователя будет даваться суммой $\Phi/n = \sum_{i=1}^4 P_{[i]} Y_{[i]}$ безотносительно количества страхователей.

Носитель же рисков в рамках метода финансирования рисков должен формировать фонд, исходя из того, что риск был реализован, и, следовательно, для него необходимый размер фонда составит

$$\text{величину (табл. 5)} \quad \varphi = \frac{1}{(1 - P_{[0]})} \sum_{i=1}^4 P_{[i]} Y_{[i]}.$$

Таблица 5 – Оценки фонда φ и размера страховой премии Φ/n в модели Шуэтта – Несбитта

Table 5 – Estimates of the fund φ and the size of the insurance premium Φ/n in the Shuette – Nesbitt model

$A(i)$	A1	A2	A3	A4		A1	A2	A3	A4	
q_i	0.05	0.1	0.2	0.25		0.05	0.1	0.2	0.25	
m_i	1	1	1	1		4	3	2	1	
D_i	0.600	0.123	0.010	0.000		0.600	0.123	0.010	0.000	
$P_{[i]}$	0.383	0.095	0.009	0.000		0.383	0.095	0.009	0.000	
$P_{[i]}$	1.000	2.000	3.000	4.000	Итого	1.917	4.143	6.821	10.000	Итого
φ	0.747	0.369	0.051	0.002	1.170	1.432	0.765	0.116	0.005	2.318
Φ_0/n	0.383	0.190	0.026	0.001	0.600	0.735	0.393	0.060	0.002	1.189
f	30 %	30 %	30 %	30 %	Итого	0.3	0.3	0.3	0.3	Итого
Φ/n	0.547	0.271	0.037	0.001	0.857	1.049	0.561	0.085	0.004	1.699
$\Phi_0/n/\varphi$	51.3 %	51.3 %	51.3 %	51.3 %	51.30 %	51.3 %	51.3 %	51.3 %	51.3 %	51.30 %
$\Phi/n/\varphi$	73.3 %	73.3 %	73.3 %	73.3 %	73.29 %	73.3 %	73.3 %	73.3 %	73.3 %	73.29 %

Размер страховой премии меньше размера фонда, формируемого носителем риска. Достоинство метода – в возможности получения оценок фонда и размера страховой премии с учетом совокупности рисков.

Аппроксимации совокупного убытка

Пусть $S = Y_1 + Y_2 + \dots + Y_v$ – случайная величина совокупного убытка, где v – описывает количество возможных убытков, а Y_k – случайная величина возможного k -го убытка.

Для оценки совокупного размера фонда на покрытие убытков, помимо аппроксимаций, получаемых в рамках центральной предельной теоремы, существует и много других аппроксимаций [7–9] в том случае, если помимо дисперсии $D(S)$ возможно получение оценок других моментов S . Например, в случае, когда поступление убытков описывается процессом Пуассона:

$P(v = k) = \pi_k = \frac{\lambda^k}{k!} \exp(-\lambda)$, первые три момента S даются выражениями:

$$E(S) = \lambda E(Y) = \lambda \mu_1; D(S) = \lambda E(Y^2) = \lambda \mu_2 = \lambda(m^2 + \sigma^2); E(S - E(S))^3 = \lambda \mu_3, \tag{8}$$

где $\mu_k = E(Y^k)$ – центральные моменты возможного убытка.

Выражения для $E(S)$ и $D(S)$, с учетом прежних обозначений для $E(Y) = m; D(Y) = \sigma^2; k = \sigma / m$, могут быть записаны в виде

$$E(S) = \lambda m; D(S) = \lambda m^2(1 + k^2). \tag{9}$$

Третий центральный момент $E(Y^3) = \mu_3$ также можно выразить через величины m, σ, k в том случае, если известно распределение для размера убытков. На практике можно ограничиться гамма-распределением для случайной величины размера убытков Y с плотностью распределения вида

$$f(y) = \frac{b^a}{\Gamma(a)} y^{a-1} \exp(-by). \tag{10}$$

В этом случае имеем:

$$E(Y) = \frac{a}{b} = m, D(Y) = \frac{a}{b^2} = \sigma^2 = m^2(1 + k^2); E(Y^3) = \mu_3 = m^3(1 + k^2)(1 + 2k^3). \tag{11}$$

На практике наиболее часто применяются нормально-степенная аппроксимация и аппроксимация трехпараметрическим гамма-распределением [7; 8], использующая $E(S), D(S)$ и коэффициент асимметрии $\gamma = E(S - E(S))^3 / D(S)^{3/2}$.

С учетом (8) и (11) коэффициент асимметрии может быть записан в виде

$$\gamma = \frac{(1 + 2k^2)}{\sqrt{\lambda} \sqrt{1 + k^2}}. \tag{12}$$

Для страховой организации параметр $\lambda \rightarrow L = n\lambda$, где n – количество страхователей, и, соответственно, для нее коэффициент асимметрии будет даваться выражением

$$\hat{\gamma} = \frac{(1 + 2k^2)}{\sqrt{n\lambda} \sqrt{1 + k^2}}. \tag{13}$$

Нормально-степенная аппроксимация совокупного убытка

Размер фонда, достаточный для покрытия убытков с 95 %-ной вероятностью, в рамках нормально-степенной аппроксимации дается выражением

$$\varphi = E(S) + z\sqrt{D(S)} = \lambda m \left(1 + \frac{z}{\sqrt{\lambda}} \sqrt{1 + k^2} \right). \tag{14}$$

Здесь $z = 1.645 + \frac{\gamma}{6}(1.645^2 - 1)$, γ – коэффициент асимметрии распределения S .

Для страховой организации с учетом замены параметра $\lambda \rightarrow L = n\lambda$ размер страховой премии на одного страхователя будет даваться выражением

$$\Phi / n = \frac{\lambda m}{1 - f} \left(1 + \frac{\hat{z}}{\sqrt{n\lambda}} \sqrt{1 + k^2} \right). \tag{15}$$

Здесь $\hat{z} = 1.645 + \frac{\hat{\gamma}}{6}(1.645^2 - 1)$; $\hat{\gamma} = \frac{(1 + 2k^2)}{\sqrt{n\lambda} \sqrt{1 + k^2}}$ (табл. 6).

Таблица 6 – Оценки фонда φ и размера страховой премии Φ/n при нормально-степенной аппроксимации совокупного убытка

Table 6 – Estimates of the fund φ and the size of the insurance premium Φ/n in the normal-power approximation of the total loss

n	100	300	500	1000	100	300	500	1000
λ	0.2	0.2	0.2	0.2	2	2	2	2
m	1	1	1	1	1	1	1	1
$k = \sigma/m$	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
γ	3.354	3.354	3.354	3.354	0.335	0.335	0.335	0.335
z	2.599	2.599	2.599	2.599	1.740	1.740	1.740	1.740
φ	1.499	1.499	1.499	1.499	4.752	4.752	4.752	4.752
$\hat{\gamma}$	0.3	0.173	0.134	0.095	0.094868	0.055	0.042	0.030
\hat{z}	1.730	1.694	1.683	1.672	1.672	1.661	1.657	1.654
Φ_0/n	0.287	0.249	0.238	0.226	2.264	2.152	2.117	2.083
f	30 %	30 %	30 %	30 %	30 %	30 %	30 %	30 %
Φ/n	0.409	0.356	0.339	0.323	3.235	3.074	3.025	2.975
$\Phi_0/n/\varphi$	19.1 %	16.6 %	15.8 %	15.1 %	47.7 %	45.3 %	44.6 %	43.8 %
$\Phi/n/\varphi$	27.3 %	23.7 %	22.6 %	21.6 %	68.1 %	64.7 %	63.7 %	62.6 %

Можно отметить, что оценки, полученные на основе нормально-степенной аппроксимации, в целом выше оценок на основе нормальной аппроксимации,

Аппроксимация совокупного убытка трехпараметрическим гамма-распределением

Совокупный убыток $S = Y_1 + Y_2 + \dots + Y_n$ представим в виде $S = Z + x_0$, где случайная величина Z имеет гамма-распределение с параметрами α, β :

$$f(z) = \frac{\beta^\alpha}{\Gamma(\alpha)} z^{\alpha-1} \exp(-\beta z).$$

Первые три момента величины Z равны:

$$E(Z) = \frac{\alpha}{\beta}; E(Z^2) = \frac{\alpha(\alpha+1)}{\beta^2}; E(Z^3) = \frac{\alpha(\alpha+1)(\alpha+2)}{\beta^3}.$$

Обеспечивая равенство первых трех моментов совокупного убытка S :

$$E(S) = E(Z) + x_0; D(S) = D(Z); E(S - E(S))^3 / D(S)^{3/2} = \gamma,$$

находим параметры α, β, x_0 :

$$\alpha = \frac{4}{\gamma^2}; \beta = \frac{2}{\gamma \sqrt{D(S)}} = \frac{2}{\gamma \sqrt{\lambda(1+k^2)}}; x_0 = E(S) - 2 \frac{\sqrt{D(S)}}{\gamma} = \lambda m \left(1 - \frac{2}{\gamma \sqrt{\lambda}} \sqrt{1+k^2} \right), \quad (16)$$

$$\gamma = \frac{(1+2k^2)}{\sqrt{\lambda} \sqrt{1+k^2}}.$$

Размер фонда, достаточный для покрытия убытков с 95 %-ной вероятностью, в рамках аппроксимации трехпараметрическим гамма-распределением находится из соотношения

$$P(S < \Phi) = P(Z < \Phi - x_0) = 0,95 = \frac{\beta^\alpha}{\Gamma(\alpha)} \int_0^{u(\alpha, \beta)} x^{\alpha-1} \exp(-\beta x) dx, \quad (17)$$

где $u(\alpha, \beta)$ – квантиль уровня 0,95 гамма-распределения с параметрами α, β (табл. 7).

Таблица 7 – Оценки фонда φ и размера страховой премии Φ/n в случае аппроксимации совокупного убытка трехпараметрическим гамма-распределением

Table 7 – Estimates of the fund φ and the size of the insurance premium Φ/n in the case of approximation of the total loss by a free parameter gamma distribution

n	100	300	500	1000	100	300	500	1000
λ	0.2	0.2	0.2	0.2	2	2	2	2
m	1	1	1	1	1	1	1	1
$k = \sigma/m$	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5
γ	3.354	3.354	3.354	3.354	0.335	0.335	0.335	0.335
x_0	-0.098	-0.098	-0.098	-0.098	-7.428	-7.428	-7.428	-7.428
α	0.356	0.356	0.356	0.356	35.556	35.556	35.556	35.556
β	1.193	1.193	1.193	1.193	3.771	3.771	3.771	3.771
$u(\alpha, \beta)$	1.290	1.290	1.290	1.290	12.171	12.171	12.171	12.171
φ	1.191	1.191	1.191	1.191	4.743	4.743	4.743	4.743
\hat{g}	0.300	0.173	0.134	0.095	0.095	0.055	0.042	0.030
\hat{x}_0	-0.133	-0.133	-0.133	-0.133	-1.333	-1.333	-1.333	-1.333
$\hat{\alpha}$	44.44	133.33	222.22	444.44	444.44	1333.33	2222.22	4444.44
$\hat{\beta}$	1.33	1.33	1.33	1.33	1.33	1.33	1.33	1.33
$\hat{u}(\hat{\alpha}, \hat{\beta})$	0.420	0.382	0.371	0.360	3.598	3.485	3.450	3.416
Φ_0/n	0.286	0.249	0.238	0.226	2.264	2.152	2.117	2.083
f	30 %	30 %	30 %	30 %	30 %	30 %	30 %	30 %
Φ/n	0.409	0.356	0.339	0.323	3.235	3.074	3.025	2.975
$\Phi_0/n/\varphi$	24.0 %	20.9 %	19.9 %	19.0 %	47.7 %	45.4 %	44.6 %	43.9 %
$\Phi/n/\varphi$	34.3 %	29.8 %	28.5 %	27.1 %	68.2 %	64.8 %	63.8 %	62.7 %

В среде Excel вычисление квантиля $u(\alpha, \beta)$ осуществляется с помощью встроенной функции:

$$u(\alpha, \beta) = \text{ГАММА.ОБР}(0,95; \alpha; 1/\beta). \quad (18)$$

Соответственно, оценка размера фонда, формируемого носителем риска в рамках метода финансирования риска, будет даваться выражением

$$\varphi = x_0 + u(\alpha, \beta). \quad (19)$$

Аналогично размер страховой премии в случае передачи риска страховой организации на одного страхователя составит величину

$$\Phi/n = \hat{x}_0 + \hat{u}(\hat{\alpha}, \hat{\beta})/n. \quad (20)$$

$$\text{Здесь } \hat{x}_0 = \lambda m \left(1 - \frac{2}{\hat{\gamma} \sqrt{n\lambda}} \sqrt{1+k^2} \right); \hat{\alpha} = \frac{4}{\hat{\gamma}^2}; \hat{\beta} = \frac{2}{\hat{\gamma} \sqrt{n\lambda(1+k^2)}}; \hat{\gamma} = \frac{(1+2k^2)}{\sqrt{n\lambda} \sqrt{1+k^2}};$$

$$\hat{u}(\hat{\alpha}, \hat{\beta}) = \text{ГАММА.ОБР}(0,95; \hat{\alpha}; 1/\hat{\beta}).$$

В целом нормально-степенная аппроксимация и аппроксимация трехпараметрическим гамма-распределением дают близкие результаты.

Заключение

В современных условиях носитель информационных рисков вынужден создавать фонды на покрытие возможных убытков, исходя из того, что риск был реализован, или заключать договор страхования. Предложенные методы оценки необходимого размера фонда и страховой премии позволяют субъекту бизнеса более обоснованно принимать решения по управлению рисками.

При проектировании технических и программных средств защиты информационной безопасности оценки фонда служат обоснованием расходов и оценкой эффективности (окупаемости) проекта.

Библиографический список

1. Программа «Цифровая экономика Российской Федерации»: утв. распоряжением Правительства Российской Федерации от 28 июля 2017 г. № 1632-п. URL: <https://base.garant.ru/71734878>.
2. Киселева И.А., Исканджан С.О. Информационные риски: методы оценки и анализа // ИТпортал. 2017. № 2 (14). URL: <http://itportal.ru/science/economy/informatsionnye-riski-metody-otsenk>.
3. Чернова Г.В., Кудрявцев А.А. Управление рисками: учеб. пособие. Москва: ТК «Велби»; Проспект, 2007. 160 с.
4. Кудрявцев А.А. Интегрированный риск-менеджмент: учебник / СПбГУ. Москва: ЗАО «Изд-во “Экономика”», 2010. 655 с.
5. Крамер Гаральд. Математические методы статистики. Москва: Мир, 1975. 648 с.
6. Фалин Г.И. Математический анализ рисков в страховании. Москва: Российский юридический издательский дом, 1994. 130 с.
7. Бауэрс Н., Гербер Х., Джонс Д., Несбитт С., Хикман Дж. Актуарная математика / пер. с англ. под ред. В.К. Малиновского. Москва: Янус-К, 2001. 644 с.
8. Каас Р., Гувертс М., Дэнэ Ж., Денут М. Современная актуарная теория риска / пер. с англ. Москва: Янус-К, 2007. 376 с.
9. Мак Томас. Математика рискованного страхования / пер. с нем. Москва: ЗАО «Олимп-Бизнес», 2005.
10. Королев В.Ю., Бенинг В.Е., Шоргин С.Я. Математические основы теории риска. Москва: Физматлит, 2007. 544 с.
11. Гранатуров В.М. Экономический риск: сущность, методы измерения, пути снижения. Москва: Дело и Сервис, 1999. 111 с.

References

1. The program «Digital Economy of the Russian Federation». Approved by the order of the Government of the Russian Federation dated July 28, 2017 № 1632-p. Available at: <https://base.garant.ru/71734878/>. (In Russ.)
2. Kiseleva I.A., Iskandzhan S.O. Information risks: assessment and analysis methods. *ITportal*, 2017, no. 2 (14). Available at: <http://itportal.ru/science/economy/informatsionnye-riski-metody-otsenk>. (In Russ.)
3. Chernova G.V., Kudryavtsev A.A. Risk management: textbook. Moscow: TK «Velbi»; Prospekt, 2007, 160 p. (In Russ.)
4. Kudryavtsev A.A. Integrated risk management: textbook of St. Petersburg State University. Moscow: ZAO «Izd-vo “Ekonomika”», 2010, 655 p. (In Russ.)
5. Kramer Harald. Mathematical methods of statistics. Moscow: Mir, 1975, 648 p. (In Russ.)
6. Falin G.I. Mathematical risk analysis in insurance. Moscow: Rossiyskiy yuridicheskiy izdatel'skiy dom, 1994, 130 p. (In Russ.)
7. Newton L. Bowers, Jr., Hans U. Gerber, Donald A. Jones, Cecil J. Nesbitt, James C. Hickman. Actuarial Mathematics. Translation from English edited by Malinovsky V.K. Moscow: Yanus-K, 2001, 644 p. (In Russ.)
8. Kaas Rob, Goovaerts Marc, Dhaene Jan, Denuit Miche. Modern Actuarial Risk Theory. Translation from English. Moscow: Yanus-K, 2007, 376 p. (In Russ.)
9. Mack Thomas. Mathematics of risk insurance. Translation from German. Moscow: ZAO «Olimp-Biznes», 2005. (In Russ.)
10. Korolev V.Yu., Bening V.E., Shorgin S.Ya. Mathematical Foundations of Risk Theory. Moscow: Fizmatlit, 2007, 544 p. (In Russ.)
11. Granaturov V. M. Economic risk: Essence, Methods of Measuring, Ways of Reduction. Moscow: Delo i Servis, 1999, 111 p. (In Russ.)