

УДК 004.056

# МОДЕЛЬ ОЦЕНКИ БЕЗОПАСНОСТИ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ, ОСНОВАННАЯ НА ТЕОРИИ ЛАТЕНТНЫХ ПЕРЕМЕННЫХ

**С.А. Баркалов**

*Воронежский государственный технический университет*  
Россия, 394006 г. Воронеж, ул. 20 лет Октября, 84  
E-mail: [barkalov@vgasu.vrn.ru](mailto:barkalov@vgasu.vrn.ru)

**С.И. Моисеев**

*Воронежский государственный технический университет*  
Россия, 394006 г. Воронеж, ул. 20 лет Октября, 84  
E-mail: [mail@moiseevs.ru](mailto:mail@moiseevs.ru)

**Ключевые слова:** информационная безопасность, угрозы, латентные переменные, модель Раша.

**Аннотация:** В работе представлена модель оценки степени информационной безопасности систем, основанная на методе Раша оценки латентных переменных. Модель позволяет получать независимые оценки степени защищенности каналов от угроз разного рода, а также степени активности угроз по линейной безразмерной шкале. Вычислительные эксперименты показали адекватность полученных оценок.

## 1. Введение

Проблема надежного обеспечения сохранности информации является одной из важнейших проблем современности. Меры по обеспечению информационной безопасности должны осуществляться в разных сферах: политике, экономике, обороне, а также на различных уровнях – государственном, региональном, организационном и личностном. Поэтому разработка различных подходов к обеспечению информационной безопасности – направление важное и актуальное на сегодняшний день.

Одной из основных задач обеспечения безопасности информационных систем (ИС) является оценка степени уязвимости как всей системы в целом, так и отдельных ее компонентов различными видами информационных угроз.

В данной работе описывается оригинальный подход оценки информационной безопасности, основанный на теории латентных переменных. В его основе лежит модель Раша оценки латентных переменных [1-3] – самосогласованная модель оценивания двух групп взаимосвязанных латентных показателей, что позволяет не только оценить защищенность ИС по разным каналам защиты, но и определить степень влияния каждой из угроз на всю ИС.

## 2. Модели Раша и ее преимущества

Основоположником современной теории оценивания латентных переменных стал Г. Раш. Именно на созданной им модели, строится исследование, описанное в данной работе. Модель Раша характеризуется рядом преимуществ перед похожими моделями оценки латентных показателей в различных областях науки:

1. Модель Раша позволяет переводить измерения, сделанные в различных, в том числе атрибутивных шкалах, в оценки, измеряемые по линейной шкале. Это позволяет анализировать качественную информацию с помощью количественных методов.
2. Ввиду того, что шкала измерения показателей, полученных по модели Раша, является линейной, к рассчитанным результатам можно применять широкий спектр статистических процедур.
3. Оценки латентных показателей не зависят от множества индикаторных переменных и оцениваемых объектов.
4. Наряду с оценками объектов, модель позволяет получать оценки выполнимости индикаторов, что позволяет провести мониторинг их влияния на все множество объектов. Таким образом, удастся получить не только степень уязвимости каналов защиты, но и оценить воздействие отдельных угроз на ИС.
5. Благодаря достаточно простой структуре модели оценивания, существуют удобные вычислительные процедуры для получения оценок, которые могут быть реализованы на ЭВМ в рамках доступных программных продуктов.

## 3. Математическая модель задачи

Рассмотрим некоторую ИС, которая имеет  $n$  каналов (средств) защиты от угроз:  $K_1, K_2, \dots, K_n$ . В свою очередь угрозы безопасности ИС могут быть разных типов, предположим, что имеется  $m$  видов угроз:  $T_1, T_2, \dots, T_m$ .

Обозначим за  $U_{ij}$  оценку защищенности  $i$ -го канала от угроз  $j$ -го типа. Эти оценки могут быть разного вида и размерности. Для получения общей оценки защищенности, частные оценки необходимо привести на единую шкалу. В качестве этой шкалы выберем единичную из отрезка  $[0; 1]$ . Для нормирования частных оценок можно использовать формулу:

$$(1) \quad u_{ij} = \frac{U_{ij} - \min_i(U_{ij})}{\max_i(U_{ij}) - \min_i(U_{ij})}.$$

Определим латентные переменные:

$\theta_i$  – степень защищенности  $i$ -го канала от всей совокупности угроз;

$\beta_j$  – степень активности  $j$ -ой угрозы по отношению ко всей совокупности каналов защиты.

В соответствии с моделью Раша, вероятность  $P_{ij}$  того, что  $i$ -й канал будет защищен от угрозы  $j$ -го типа, определяется логистической функцией вида [1-3]:

$$(2) \quad P_{ij} = \frac{e^{\theta_i - \beta_j}}{1 + e^{\theta_i - \beta_j}}.$$

Для нахождения латентных переменных  $\theta_i$  и  $\beta_j$  будем использовать одну из разновидностей модели Раша – модель, вычислительным ядром которой является метод наименьших квадратов (в классической модели Раша оценка статистических латентных параметров проводится по методу максимального правдоподобия). Это позволит ис-

пользовать в качестве индикаторных переменных  $u_{ij}$  непрерывные оценки из единичного отрезка. Модель Раша, основанная на методе наименьших квадратов, подробно описана в работах [4, 5].

В соответствии с данной моделью, латентные показатели  $\theta_i$  и  $\beta_j$  выбираются так, чтобы сумма квадратов отклонений эмпирических данных (1)  $u_{ij}$  от расчетных вероятностей (2) была наименьшей. Математически это сводится к минимизации целевой функции [4]:

$$(3) \quad \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m (u_{ij} - P_{ij})^2 = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m \left( u_{ij} - \frac{e^{\theta_i - \beta_j}}{1 + e^{\theta_i - \beta_j}} \right)^2 \rightarrow \min.$$

Оценки  $\theta_i$  и  $\beta_j$ , полученные из решения оптимизационной задачи (3), будут измеряться по линейным шкалам, но начало отсчета в них будет неопределенным. Для выбора начала отсчета оценок, будем использовать условие их неотрицательности. Тогда оптимизационная задача (3) будет дополняться условиями:

$$(4) \quad \theta_i \geq 0; \beta_j \geq 0; \quad i = 1, 2, \dots, n; \quad j = 1, 2, \dots, m.$$

Численно проводить решение оптимизационной задачи (3), (4) можно с помощью надстройки «Поиск решений» табличного процессора MS Excel.

## 4. Апробация модели оценивания безопасности ИС

Для анализа свойств оценок, полученных по модели, были проведены вычислительные эксперименты, связанные с генерацией матриц частных оценок защищенности каналов ИС от разного рода угроз  $u_{ij}$ , проводилось оценивание общей степени защищенности каналов и совокупного воздействия каждой из угроз. Приведем в качестве примера один из таких экспериментов.

Предположим, что ИС имеет  $n=7$  каналов (средств) защиты от  $m=8$  видов угроз. Матрица частных оценок защищенности каждого канала от каждой угрозы представлена в табл. 1.

Таблица 1. Нормированные оценки защищенности каналов от угроз.

Каналы защиты	Угрозы							
	$T_1$	$T_2$	$T_3$	$T_4$	$T_5$	$T_6$	$T_7$	$T_8$
$K_1$	0,863	0,870	0,081	0,630	0,066	0,727	0,677	0,858
$K_2$	0,076	0,233	0,724	0,281	0,754	0,722	0,896	0,513
$K_3$	0,445	0,377	0,946	0,558	0,992	0,696	0,551	0,155
$K_4$	0,916	0,328	0,630	0,238	0,827	0,921	0,832	0,456
$K_5$	0,785	0,421	0,847	0,615	0,788	0,736	0,219	0,215
$K_6$	0,497	0,515	0,662	0,482	0,174	0,714	0,953	0,340
$K_7$	0,095	0,672	0,288	0,651	0,656	0,138	0,695	0,428

Традиционно, для оценки степени защищенности каналов используют аддитивную оценку, согласно которой общая защищенность канала равна сумме частных оценок:

$$R_i = \sum_{j=1}^m u_{ij}.$$

Рассчитаем традиционные аддитивные оценки и сравним их с оценками, полученными по модели Раша. Нормированные результаты такого оценивания приведены на рис. 1.

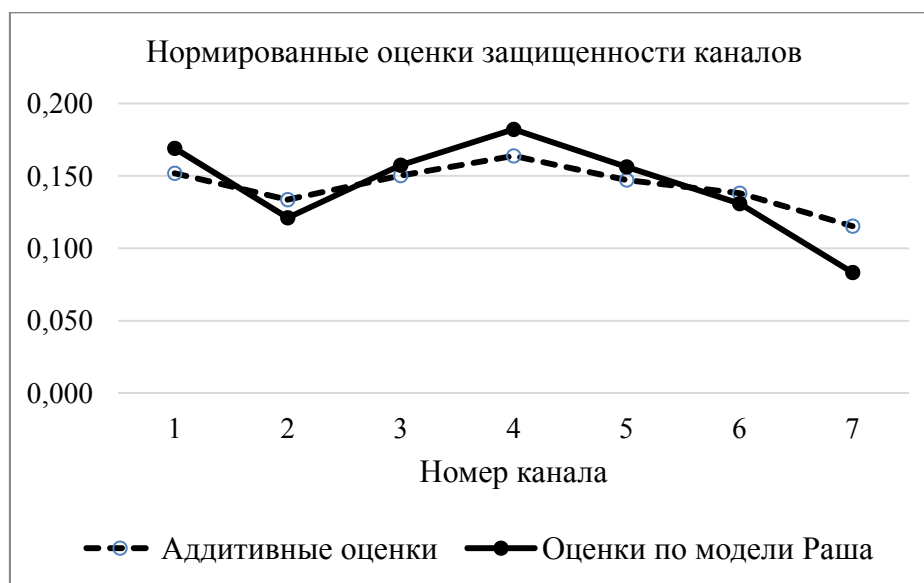


Рис. 1. Степени защищенности каналов, вычисленные разными методами.

Видно, что оценки, полученные по модели Раша, хорошо согласуются с традиционными аддитивными оценками. Это подтверждает адекватность оценок, полученных по модели Раша. Подобные результаты показывают и другие вычислительные эксперименты. Коэффициент корреляции составляет не менее 0,95. Наибольшая защищенность ИС наблюдается по каналу  $K_4$ , наименьшая – по каналу  $K_7$ .

Однако метод оценивания защищенности, основанный на модели Раша, имеет ряд преимуществ по сравнению с аддитивными оценками. Основное из них в том, что удастся получить степень активности каждой угрозы по отношению ко всей совокупности каналов защиты  $\beta_j$ . График активности угроз для данных из табл. 1, приведен на рис. 2. Видно, наиболее активной является угроза  $T_8$ .



Рис. 2. График активности угроз ИС, вычисленный по модели Раша.

## 5. Заключение

В работе представлена модель оценки безопасности ИС, основанная на методе Раша оценки латентных переменных. Данный подход имеет следующие преимущества перед традиционными методами оценивания [6]:

- оценки защищенности каналов ИС являются их уникальными характеристиками, не зависящими от состава каналов и множества угроз;
- оценки защищенности каналов ИС измеряются по линейной безразмерной шкале, которую можно легко перевести в любую другую оценочную шкалу;
- кроме оценок защищенности каналов, удается получить оценки степени активности угроз для всей ИС.

Вычислительные эксперименты показали адекватность оценок, полученных по модели, что позволяет применять ее для оценки степени защищенности ИС.

## Список литературы

1. Rasch G. Probabilistic Models for Some Intelligence and Attainment Tests // Copenhagen, Denmark – Danish Institute for Educational Research, 1960. 160 p.
2. Маслак А.А., Моисеев С.И. Модель Раша оценки латентных переменных и ее свойства / Монография. Воронеж: НПЦ «Научная книга», 2016, 177 с.
3. Маслак А.А. Измерение латентных переменных в социально-экономических системах / Монография. Славянск-на-Кубани: Изд. Центр СГПИ, 2006, 218 с.
4. Баркалов С.А., Моисеев С.И., Соловьева Е.В. Применение метода наименьших квадратов при оценке латентных переменных методом Раша // Научный вестник Воронежского ГАСУ. Сер. «Управление строительством». 2014. Вып. № 1 (6). С. 112-115.
5. Моисеев С.И. Модель Раша оценки латентных переменных, основанная на методе наименьших квадратов // Экономика и менеджмент систем управления. 2015. № 2.1 (16). С. 166-172.
6. Маслак А.А., Моисеев С.И., Осипов С.А. Сравнительный анализ оценок параметров модели Раша, полученных методами максимального правдоподобия и наименьших квадратов // Проблемы управления. 2015. № 5. С. 58-66.