

## ЛВ -ТЕОРИЯ РИСКА КАТАСТРОФ И ВЗЯТОК

Истинная логика нашего мира  
– это подсчет вероятностей.  
Д. К. Максвелл

**Аннотация.** Рассмотрены области логико-вероятностного (ЛВ) моделирования и анализа риска катастроф, включая катастрофы и аварии в технике, кризисы и дефолты в экономике, бесконтактные войны, взятки и коррупция. Взятка по последствиям и математическому описанию рассматривается как катастрофа. Изложена ЛВ-теория риска с группами несовместных событий (ГНС) для проблем катастроф и взяток. Приведены разные ЛВ-модели риска взяток.

### 1. Области ЛВ-моделирования и анализа риска катастроф

Современная индустриальная цивилизация, или общество автоматизации и информации, характеризуется фетишизмом денег, науки и демократии, отчуждением людей и ростом безумия. В центре типичных бедствий современного мира стоят человек и его участие в них как элемента риска. Концепции обеспечения стабильности развития человечества, изложенные японскими учеными Сусуму Сато, Хиромитцу Кумамото в книге «Реинжиниринг окружающей среды», являются довольно общими, носят философское содержание и нуждаются в детализации и разработке для конкретных сфер человеческой деятельности. Такая работа выполняется российскими учеными, использующими ЛВ-подход к моделированию, анализу и управлению риском катастроф. В первую очередь это относится к проблемам риска катастроф в технике, экономике, бесконтактных войн, а также взяток и коррупции.

#### 1.1. Катастрофы и аварии в технике

Рассматриваются сценарии и ЛВ-модели для оценки и анализа риска катастроф в разных технических объектах и системах на всех стадиях их жизненного цикла. Систематизированы концепции, принципы, опыт и примеры управления риском на стадиях проектирования, доводочных и эксплуатационных испытаний, эксплуатации систем на основе мониторинга и на опасном производстве. Несовершенство управления риском на этих стадиях или недостаточное выделение средств на эти работы приводят впоследствии к техническим катастрофам с большими последствиями. Подробное рассмотрение сценариев и ЛВ-моделей риска катастроф и неуспеха в проектировании и испытаниях приведено в [1 - 3].

#### 1.2. Кризисы и дефолты в экономике

Рассматриваются сценарии и ЛВ-модели риска для оценки, анализа и управления кредитным риском физических и юридических лиц, риском портфеля ценных бумаг, риском неуспеха менеджмента компаний, риском в управлении состоянием и развитием компании, риском потери качества функционирования, риском в проблемах эффективности и др. Подробное рассмотрение сценариев и ЛВ-моделей риска кризисов и дефолтов и риска неуспеха в названных областях приведено в [1, 4].

#### 1.3. Бесконтактные войны

В основу бесконтактных войн положена концепция создания экологической катастрофы на территории противника. Эти войны ведутся без привычной линии фронта. Предполагается, что разрушая инженерную инфраструктуру можно парализовать всю страну. Не будет электроэнергии, газа, водопровода, отопления, канализации, связи, дорог и т.д. Страна будет парализована, армия останется без снабжения энергией, боеприпасами, продовольствием, горюче-смазочными материалами. Для эффективного применения крылатых ракет (войны шестого поколения) или диверсионных актов (войны седьмого поколения) необходимо иметь точные данные по целям: линиям связи, трубопроводному, автомобильному и железнодорожному транспорту, заводам, химкомбинатам, металлургическим

комбинатам, электростанциям и т.д. На построенной ЛВ-модели риска всей инженерной инфраструктуры страны противника с помощью соответствующих Software устанавливают функционально и топологически слабые и опасные места и действия персонала. Некоторые аспекты сценариев и ЛВ-моделей риска в проблеме бесконтактных войн рассмотрены в работах [4 - 6].

#### 1.4. Взятки и коррупция

Математические модели риска взяток отсутствуют, однако проблема важна для современного общества. В результате взяток и коррупции, ради личного обогащения, принимаются решения, далекие от защиты интересов населения и окружающей среды. Проблема взяток и коррупции актуальна для всех стран. О неблагополучном состоянии дел с взятками и коррупцией в России нас информируют на [www.vzyatka.ru](http://www.vzyatka.ru) большое число статей и заметок. Публикации по коррупции и взяткам [7, 8], социальной статистике [9, 10] имеют содержательные описания, подробные анализы, примеры и комментарии уголовного кодекса, но не содержат моделей взяток.

Для решения сложных социальных и организационных задач нужен, по мнению Джона фон Неймана и Норберта Винера [1], математический аппарат на основе логики, дискретной математики и комбинаторики, более пригодный, чем дифференциальные уравнения. Такой адекватный математический аппарат разрабатывается и называется «ЛВ-теория риска с ГНС» [1, 11]. Он апробирован для оценки и анализа: кредитных рисков, риска портфеля ценных бумаг, риска потери эффективности, риска неуспеха менеджмента компаний. ЛВ-модели риска обладают высоким качеством. Например, ЛВ-модели кредитного риска показали в два раза большую точность и в семь раз большую робастность, а также абсолютную прозрачность в распознавании плохих и хороших кредитов, чем известные методики.

### 2. ЛВ-теория риска с группами несовместных событий

Для количественной оценки и анализа риска катастроф и взяток используется ЛВ-теория риска неуспеха с ГНС [1, 4, 12-15]. Модели риска строятся на основе статистических данных.

#### 2.1. Структурное и табличное представление данных

Для проблем риска катастроф и взяток предложена единая структура данных (рис.1) со следующими элементами (множествами) [1]:

- 1) множество объектов (состояний),
- 2) объекты (состояния) множества,
- 3) признаки, описывающие объект (состояние), включая параметр эффективности,
- 4) градации признаков описания объекта (состояния) и параметра эффективности.

Приведем примеры некоторых систем [1, 15].

*Банк – система.* Компоненты системы --- направления деятельности банка (кредитование физических лиц и юридических лиц, инвестиционные портфели и др.), множество кредитов, кредит, характеристики (параметры) кредита, градации характеристик.

*Пусковой ракетный комплекс – система.* Компоненты системы - подсистемы (заправка топливом и др.), множество состояний подсистемы, параметры состояния, градации параметров состояния.

*Правительство страны или мэрии – система.* Компоненты системы - целевые проекты, множество региональных проектов, характеристики проекта, градации характеристик.

Статистические данные в названных проблемах предложено задавать таблицей (табл.1), содержащей в строках объекты или состояния объекта  $i=1,2,\dots,N$ . В столбцах таблицы находятся параметры  $Z_1, Z_2, \dots, Z_n$ , характеризующие объект или состояние объекта. В свою очередь, параметры имеют градации  $Z_{jr}, r=1,2,\dots,N_j$ . Именно градации находятся в клетках таблицы. Последний столбец таблицы предназначен для итогового параметра или параметра эффективности объекта (состояния)  $Y$ .

Значения градаций рассматривают как случайные величины или события-градации, распределение которых задается дискретным рядом, то есть значениями градаций и их вероятностями. Объект есть изделие, которое может потерять качество в процессе производства и эксплуатации, или кредит, который может быть не возвращен, или состояние доходности портфеля акций в определенное время или состояние параметра эффективности. Для измерения параметров или признаков объекта используются шкалы: логическая, качественная, линейного порядка, числовая и др. В общем случае,

градации линейно неупорядочены и нельзя сказать, что градация 3 хуже или лучше 4 для итогового события, которое также имеет градации.

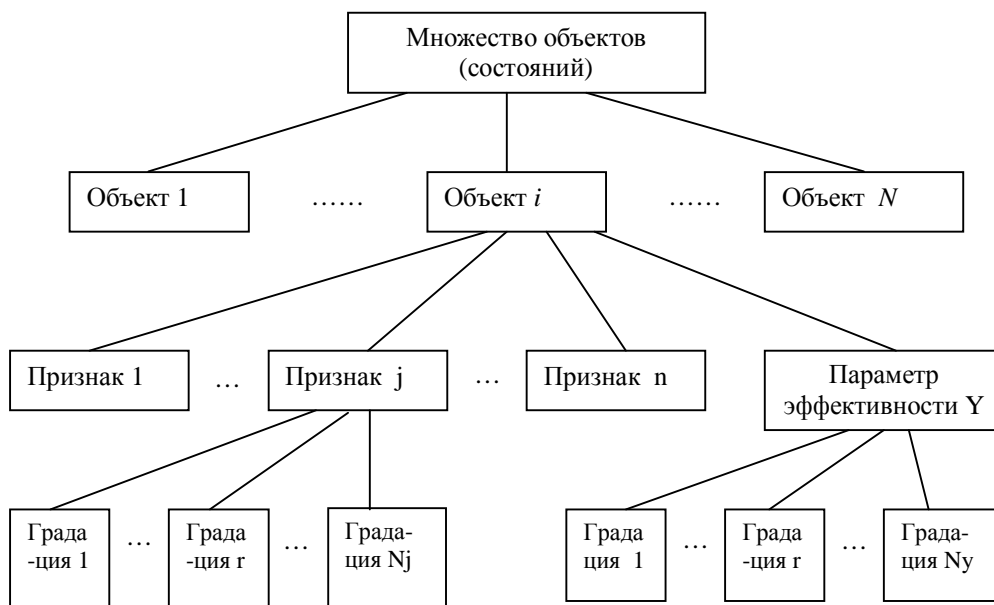


Рис.1. Структура данных в проблемах классификации, инвестиций, эффективности и взятков

Таблица 1. Объекты и признаки

Объекты	Признак 1, $Z_1$	...	Признак j, $Z_j$	...	Признак n, $Z_n$	Параметр эффективности, $Y$
1		...		...		
2		...		...		
...	...	...	...	...	...	
$I$		...	$Z_{jr}$	...	...	$Y_r$
...	...	...	...	...	...	
$N$		...		...		

**Переменные и индексы.** Параметрам и градациям соответствуют случайные события, которые приводят к неудаче. В названных выше проблемах классификации, инвестиций, эффективности и взятков будем использовать следующие индексы для обозначения объектов, параметров, логических переменных и событий:

$i = 1, 2, \dots, N$  - индексы разных объектов или состояний объекта и параметра эффективности;

$j = 1, 2, \dots, n$  - индексы разных параметров, влияющих на параметр эффективности;

$r = 1, 2, \dots, N_j$  - индексы градаций параметров, влияющих на параметр эффективности,

(событий-градаций и соответствующих логических переменных);

$N$  - число объектов или состояний объекта в статистике;

$n$  - число параметров, влияющих на параметр эффективности;

$N_j$  - число интервалов в дискретном распределении параметров, влияющих на эффективность;

$N_y$  - число интервалов в дискретном распределении параметра эффективности.

В названных выше проблемах используются следующие обозначения событий и переменных:

$Y$  - значение или логическая переменная для параметра эффективности;

$Y_r, r = 1, 2, \dots, N_y$  - градации или логические переменные для параметра эффективности;

$Z_1, \dots, Z_j, \dots, Z_n$  - случайные значения или логические переменные для влияющих параметров.

$Z_{jr}$  - значения параметров или логические переменные для градаций влияющих параметров.

Наибольшее число комбинаций (разных объектов или состояний):

$$(I) \quad N_{\max} = N_1 N_2 \cdots N_j \cdots N_n,$$

где  $N_1, N_2, \dots, N_j, \dots, N_n$  - числа градаций в параметрах.

## 2.2. Связь базы данных, базы знаний и множеств в проблемах риска

**База данных** (БД) табличного типа (табл. 1) содержит статистическую информацию об однородных объектах (кредитах) или состояниях одного объекта в разные моменты времени (портфель ценных бумаг). В таблице БД количество столбцов может достигать нескольких десятков, а количество строк нескольких сотен. Значения параметров в БД являются целыми или дробными и рассматриваются как фактические статистические данные об объектах или состояниях одного объекта.

**Множества.** В табличной БД (табл. 1) введем множества с конечным числом элементов. Для этого нужны целые и дробные значения параметров в столбцах таблицы представить дискретно в виде значений (градаций) для выбранного числа интервалов. Также дискретно следует представить итоговый параметр или параметр эффективности.

Таким образом, множество строк (объектов, состояний) в таблице и множество параметров, описывающих объект (состояние), имеют такое же число элементов как БД. Множества же значений (градаций) для каждого параметра таблицы изменяются. Если в БД параметры могли принимать бесконечно много разных значений, то теперь каждое множество для каждого параметра имеет количество разных элементов, равное числу градаций, на которое оно разбито, то есть эти множества конечные и счетные. Множества, полученные из БД, представляются таблицей той же самой структуры. Элементы множеств имеют атрибуты (например, вероятности), с которыми проводятся вычисления.

**База знаний.** Осуществим переход от БД и множеств к табличному представлению Базы Знаний (БЗ) (табл. 1). Для этого нужно на элементах множества ввести события-параметры и события-градации для влияющих параметров и итогового параметра эффективности. События-параметры и события-градации обозначим логическими переменными и применим к ним правила логического исчисления.

В итоге мы получаем систему логических уравнений с левой и правой частями. С каждой логической переменной левой и правой части системы свяжем вероятности ее истинности и ложности. Обратим внимание, что для БЗ легко вычислить частоты (вероятности) событий-градаций. Они равны отношению числа объектов или состояний с градацией к общему числу объектов или состояний в БЗ. В результате получается система логических высказываний. БЗ предназначены для построения ЛВ-моделей для решения задач риска и эффективности.

## 2.3. Основные понятия и уравнения

Объект описывается признаками и их градациями, которые являются случайными величинами и рассматриваются как логические переменные и случайные события-признаки и события-градации, имеющие вероятности. События-признаки связаны логическими связями *OR*, *AND*, *NOT* и могут иметь циклы. События-градации для признака составляют группу ГНС.

В каждой ГНС справедливы логические тождества неклассической логики [1]:

$$\begin{aligned} z_{jr} \wedge z_{jk} &= 0; \quad \overline{z_{jr}} \vee \overline{z_{jk}} = 1; \\ \overline{z_{jr} \wedge z_{jk}} &= \overline{z_{jr}} \vee \overline{z_{jk}}; \quad \overline{z_{jr} \vee z_{jk}} = \overline{z_{jr}} \wedge \overline{z_{jk}} \end{aligned}$$

и следующие правила для замещения несовместных событий их вероятностями:

$$\begin{aligned} P\{z_{jr} \wedge z_{jk}\} &= 0; \\ P\{z_{jr} \vee z_{jk}\} &= P(z_{jr}) + P(z_{jk}); \\ P\{\overline{z_{jr}} \vee \overline{z_{jk}}\} &= 1; \\ P\{\overline{z_{jr}} \wedge \overline{z_{jk}}\} &= 1 - [P(z_{jr}) + P(z_{jk})]. \end{aligned}$$

Логическая переменная  $Z_j$ , соответствующая событию-признаку, равна 0 с вероятностью  $P_j$  и равна 1 с вероятностью  $Q_j = 1 - P_j$ . Логическая переменная  $Z_{jr}$ , соответствующая градации  $r$  для признака  $j$ , равна 0 с вероятностью  $P_{jr}$  и равна 1 с вероятностью  $Q_{jr} = 1 - P_{jr}$ . Вектор  $Z(i) = (Z_1, \dots, Z_j, \dots, Z_n)$  описывает объект  $i$  из статистики. Для объекта  $i$  вместо логических переменных  $Z_1, \dots, Z_j, \dots, Z_n$  нужно подставить логические переменные  $Z_{jr}$  для градаций признаков именно этого объекта.

Л-функция риска в общем виде

$$(2) \quad Y = Y(Z_1, \dots, Z_j, \dots, Z_n).$$

В-функция риска в общем виде

$$(3) \quad P_i\{Y = 1 | Z(i)\} = P(P_1, \dots, P_j, \dots, P_n), \quad i = 1, 2, \dots, N.$$

Для каждого события-градации в ГНС рассматриваются три вероятности (рис. 2):  $P2_{jr}$  – относительная частота в статистике;  $P1_{jr}$  - вероятность в ГНС;  $P_{jr}$  - вероятность, подставляемая в (3) вместо вероятности  $P_j$ . Определим эти вероятности для  $j$ -ой ГНС:

$$(4) \quad P2_{jr} = P\{Z_{jr} = 1\}; \sum_{r=1}^{N_j} P2_{jr} = 1; r = 1, 2, \dots, N_j;$$

$$(5) \quad P1_{jr} = P\{Z_{jr} = 1 | Z_j = 1\}; \sum_{r=1}^{N_j} P1_{jr} = 1; r = 1, 2, \dots, N_j;$$

$$(6) \quad P_{jr} = P\{Z_j = 1 | Z_{jr} = 1\}; r = 1, 2, \dots, N_j, j = 1, 2, \dots, n,$$

где  $n$  – число признаков;  $N_j$  – число градаций в  $j$ -признаке, черточка ( | ) читается при условии.

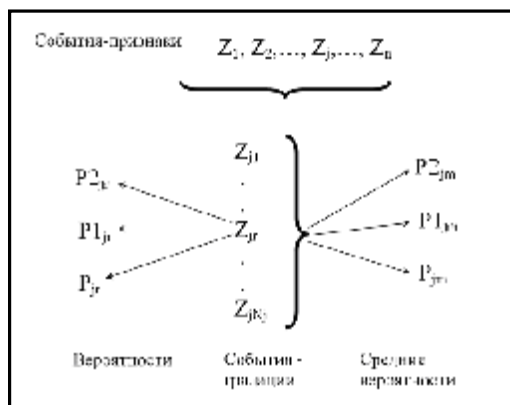


Рис.2. Вероятности в группе несовместных событий

Средние значения вероятностей  $P2_{jr}$ ,  $P1_{jr}$  и  $P_{jr}$  для градаций в ГНС равны:

$$(7) \quad P2_{jm} = 1 / N_j; P_{jm} = \sum_{r=1}^{N_j} P_{jr} P2_{jr}; P1_{jm} = \sum_{r=1}^{N_j} P1_{jr} P2_{jr}.$$

Вероятности  $P_{jr}$  будем оценивать при алгоритмическом итеративном обучении (идентификации) В-модели риска по статистическим данным. Вначале нужно определить вероятности  $P1_{jr}$ , удовлетворяющие (5), и перейти к вероятностям  $P_{jr}$ . Число независимых вероятностей

$$(8) \quad N_{ind} = \sum_{j=1}^n N_j - n.$$

Вероятности  $P_{jr}$  и  $P1_{jr}$  связаны по формуле Байеса для случая ограниченного количества информации [1, 4] через средние вероятности  $P_{jm}$  и  $P1_{jm}$ :

$$(9) \quad P_{jr} = \frac{P1_{jr} P_{jm}}{P1_{jm}}; r = 1, 2, \dots, N_j; j = 1, 2, \dots, n.$$

#### 2.4. Идентификация ЛВ-модели риска по статистическим данным

Задача идентификации (обучения) ЛВ-модели риска по статистическим данным является одной из основных и сложных в проблемах риска. Она решается алгоритмическими методами [1, 13]. Предложена следующая схема решения задачи. Пусть известны в первом приближении вероятности для градаций  $P_{jr}$ ,  $r=1, 2, \dots, N_j$ ;  $j=1, 2, \dots, n$  и вычислены риски  $P_b$ ,  $i=1, \dots, N$  для проектов (объектов) в статистике. В статистике хороших проектов  $N_g$  и плохих проектов  $N_b$ . Определим допустимый риск  $P_{ad}$  так (рис. 3), чтобы принятое нами расчетное число хороших проектов  $N_{gc}$  имело риск меньше допустимого и соответственно число плохих проектов  $N_{bc}=N-N_{gc}$  имело риск больше допустимого. На шаге оптимизации изменим так вероятности  $P_{jr}$ ,  $r=1, 2, \dots, N_j$ ;  $j=1, 2, \dots, n$ , чтобы число корректно распознаваемых хороших и плохих проектов увеличилось. Переменные  $P_{ad}$  и  $N_{gc}$  связаны однозначно. В алгоритме задачи удобнее задавать  $N_{gc}$  и определять допустимый риск  $P_{ad}$ .

Условие  $P_i > P_{ad}$  выделяет следующие типы проектов:  $N_{gg}$  - хорошие по методике и статистике;  $N_{gb}$  - хорошие по методике и плохие по статистике;  $N_{bg}$  - плохие по методике и хорошие по статистике;

$N_{bb}$  - плохие по методике и статистике. Риски проектов  $N_{gg}$ ,  $N_{bg}$ ,  $N_{gb}$ ,  $N_{bb}$  перемещаются относительно  $P_{ad}$  при изменении  $P_{jr}$ . При переходе одних проектов вправо от  $P_{ad}$  по величине риска, такое же число проектов переходит влево. Оптимальными будут такие изменения  $P_{jr}$ , которые переводят проекты  $N_{gb}$  и  $N_{bg}$  через  $P_{ad}$  навстречу друг другу.

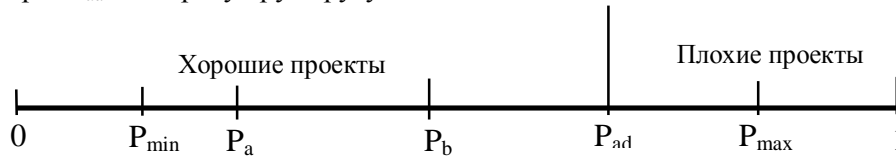


Рис. 3. Схема классификации проектов

Задача идентификации В-модели риска сформулирована так [1, 4]. *Заданы:* статистика, имеющая  $N_g$  хороших и  $N_b$  плохих проектов и В-модель риска (3). *Требуется определить:* вероятности  $P_{jr}$ ,  $r=1,2,\dots,N_j$ ;  $j=1,2,\dots,n$  событий-градаций и допустимый риск  $P_{ad}$ , разделяющий проекты на хорошие и плохие. *Целевая функция:* число корректно классифицируемых проектов должно быть максимальным

$$(10) \quad F = N_{bb} + N_{gg} \rightarrow \underset{P_{jr}}{MAX}.$$

Из выражения (10) следует, что точность В-модели риска в классификации хороших  $E_g$ , плохих объектов  $E_b$  и в целом  $E_m$  равна:

$$(11) \quad E_g = N_{gb} / N_g; E_b = N_{bg} / N_b; E_m = (N - F) / N.$$

*Ограничения:*

1) вероятности  $P_{jr}$  должны удовлетворять условию:

$$(12) \quad 0 < P_{jr} < 1, j = 1, 2, \dots, n; r = 1, 2, \dots, N_j.$$

2) средние риски проектов по В-модели и статистике должны быть равны; при обучении В-модели риска будем корректировать вероятности  $P_{jr}$  на шаге по формуле

$$(13) \quad P_{jr} = P_{jr} * (P_{av} / P_m); j = 1, 2, \dots, n; r = 1, 2, \dots, N_j,$$

где:  $P_{av} = N_b / N$  – средний риск по статистике;  $P_m$  – средний риск по модели.

3) допустимый риск  $P_{ad}$  определяется при заданном коэффициенте асимметрии распознавания хороших и плохих проектов, равном

$$(14) \quad E_{gb} = N_{gb} / N_{bg}.$$

Формула для идентификации (обучения) ЛВ-модели риска методом последовательного приближения с использованием случайного поиска следующая

$$(15) \quad \Delta P_{1jr} = K_1 \square \frac{N_{opt} - N_v}{N_{opt}} K_3 P_{1jr}, j = 1, 2, \dots, n; r = 1, 2, \dots, N_j.,$$

где:  $K_1$  – коэффициент, равный  $\approx 0,05$ ;  $N_{opt}$ ,  $N_v$  – число оптимизаций и номер текущей оптимизации,  $K_3$  – случайное число в интервале  $[-1, +1]$ . В процессе оптимизации величина  $\Delta P_{1jr}$  стремится к нулю.

## 2.5. Анализ риска

Пусть известны вероятности  $P_{jr}$ , Определим вклады событий-признаков и событий-градаций в риск проекта и множества проектов, а также в точность ЛВ-модели риска. Для этого вычислим разности между значениями характеристик для оптимальной модели и при условии ( ) придания вероятностям соответствующих событий-градаций нулевых значений [1, 4]. Вклад признака  $j$  в риск проекта  $i$

$$(16) \quad \Delta P_j = P(i) - P(i) \Big|_{P_j=0}, j = 1, 2, \dots, n.$$

Вклад признака  $j$  в средний риск  $P_m$  множества проектов

$$(17) \quad \Delta P_{jm} = P_{jm} - P_{jm} \Big|_{P_j=0}, j = 1, 2, \dots, n.$$

Вклад признака  $j$  в целевую функцию  $F_{max}$

$$(18) \quad \Delta F_j = F_{max} - F \Big|_{P_j=0}, j = 1, 2, \dots, n.$$

Вклады градаций в целевую функцию вычислим как ошибки классификации по событиям-градациям:

$$(19) \quad E_{jrg} = N_{jrgb} / N_{jrg}; E_{jrb} = N_{jrbg} / N_{jrb}; E_{jrm} = (N_{jrgb} + N_{jrbg}) / N_{jr},$$

где  $N_{jrgb}$ ,  $N_{jrbg}$ ,  $N_{jr}$  - числа некорректных хороших, плохих и всего проектов с градацией  $r$ .

## 2.6. Процедуры построения и использования ЛВ-моделей риска с ГНС

Технология построения и использования ЛВ-моделей риска в системах с ГНС в проблемах катастроф и взяток включает в себя следующие процедуры:

- Табличное представление статистических данных.
- Построение сценарной и структурной моделей риска.
- Определение событий-параметров и событий-градаций.
- Определение групп несовместных событий.
- Дискретизация распределений случайных событий-градаций.
- Построение логической модели риска.
- Ортогонализация логической модели риска.
- Построение вероятностной модели риска.
- Нормализация вероятностей событий.
- Идентификация В-модели риска по статистике с учетом ГНС и формулы Байеса.
- Определение допустимого риска.
- Вычисление атрибутов риска *Yad, Risk, Nad, Had*.
- Анализ риска по вкладам событий-градаций в *Yad, Risk, Nad, Had*.
- Выбор коэффициента асимметрии распознавания хороших и плохих объектов.
- Оценка и анализ риска объекта.
- Управление риском.

### 3. Логико-вероятностные модели риска взяток

Ниже описываются сценарные ЛВ-модели риска взяток для служб контроля и безопасности банков и компаний и департамента «Экономических преступлений» города с целью выявления, оценки и анализа взяток по статистическим данным. Описаны ЛВ-модели риска взяток: 1) в учреждении по параметрам успешности его функционирования, 2) чиновников на основе описания и анализа параметров их поведения, 3) учреждения и чиновников на основе анализа параметров обслуживания. Приведены примеры идентификации и анализа ЛВ-модели риска взяток по статистическим данным. Задачи взяток и коррупции отличаются большой вычислительной сложностью и решаются только с использованием компьютера и специальных логических *Software*.

#### 3.1. Общие положения

Явления взятки, коррупции и воровства близки с явлениями отказ, авария, катастрофа в технике и явлениями дефолт, разорение, ущерб в экономике. Их следствием являются финансовые, материальные и моральные потери для общества и государства. Понятие риск взятки совпадает с понятиями надежность и безопасность в технике и риск в экономике и бизнесе. Чаще всего взятки имеют место при получении лицензий (образование, туризм, медицина, строительство), разрешений (ГАИ, таможня), образования (аттестаты, дипломы, экзамены), регистрации (органы МВД, местной власти), безбилетный проезд в пригородных электричках и др.

Сценарий и технология взятки различны для министерства, мэрии, учреждения, компании, банка, чиновника, врача, преподавателя, контролера и др. Взятка касается двух объектов взяткодателя и взяткополучателя, каждый из которых имеет свою выгоду. Взяткодатель решает свою проблему быстрее, качественнее, дешевле, получает привилегии, обходит закон и т.д. Взяткополучатель имеет денежную или материальную выгоду, «откат» и др. Часто взяткодатель и взяткополучатель совместно обворовывают государство или частное предприятие. При изложении используются термины риск взятки, вероятность успеха и неуспеха, вероятность наличия и отсутствия взятки, вероятность хорошего или плохого проекта (кредита, объекта, чиновника, учреждения) с точки зрения величины вероятности взятки (хороший кредит, проект или объект имеет риск взятки меньше допустимого).

Будем использовать ЛВ-теорию риска неуспеха с ГНС [1] и строить ЛВ-модели риска взяток на основе статистических данных. Работа является одной из первых математических работ по теории риска взяток и не претендует на рассмотрение всех аспектов этой сложной проблемы и разработку всех сценариев взяток. В большей мере изложены вопросы описания и построения моделей риска взяток, оценки и анализа риска взятки, и почти не рассматриваются социальные, юридические и организационные проблемы взяток.

Коррупция считается одним из основных видов теневой экономики. Чаще всего под коррупцией подразумевают получение взяток и незаконных денежных доходов государственными бюрократами, которые вымогают их у граждан ради личного обогащения.

Для построения системы борьбы с взятками приняты следующие положения и аксиомы:

- Каждый способен на мошенничество, если «дают» жизненные обстоятельства, можно на время скрыть факт мошенничества и когда недостаточен контроль за принимаемыми решениями.
- Без количественной оценки и анализа вероятности взяток нельзя эффективно бороться с мошенничеством, взятками и коррупцией.
- Каждый коммерческий банк и компания способны на взятки и коррупцию, если нет прозрачности в их бизнесе и отсутствует контроль за их деятельностью.
- За непрозрачностью методик оценки кредитных рисков и рейтингов банков и заемщиков может скрываться мошенничество и взятки.
- Сложность организационной структуры учреждения или компании является признаком мошенничества и коррупции.

### 3.2. ЛВ-модель риска взяток в учреждении

Учреждение принимает решения по неким проектам (делам граждан). Проектов много и для каждого проекта известно, был ли он успешным или неуспешным. Неуспешность проектов объясняется необоснованностью выдачи разрешения или ресурсов из-за взяток. Элементами сценария и ЛВ-модели вероятности (риска) взяток являются функциональные подразделения  $Z_1, \dots, Z_j, \dots, Z_n$ , каждое из которых имеет  $N_j$  чиновников, принимающих решения.

В общем случае, элементы  $Z_1, \dots, Z_j, \dots, Z_n$  связаны логическими связями *OR*, *AND*, *NOT* и могут иметься циклы. Чиновники в  $j$ -подразделении  $Z_{j1}, \dots, Z_{jn}, \dots, Z_{jn_j}$  составляют ГНС. Чиновник, принимающий решение, оставляет «визу» на соответствующем документе. Построение ЛВ-модели взяток заключается в вычислении вероятностей  $P_{jr}$ ,  $j=1, 2, \dots, n$ ;  $r=1, 2, \dots, N_j$ , с которыми чиновники берут взятки, на основе статистики из  $N$  успешных и неуспешных проектов.

Рассмотрим ЛВ-модель риска взятки на примере условного банка. Используется статистика об успехах кредитов. Причины неуспеха кредитов объясняются взятками. Пусть банк имеет пять функциональных групп чиновников, которые принимают решения о выдаче кредитов. Поставим этим группам в соответствие логические переменные  $Z_1, Z_2, Z_3, Z_4, Z_5$ . Каждая из групп имеет  $N_1, N_2, N_3, N_4, N_5$  чиновников, принимающих решения. Число чиновников в группе равно числу градаций в признаке. Выданные кредиты оказались успешными (градация 1) или неуспешными (градация 0). Выдача кредита оформлена документом, где поставлены визы чиновников и результат об успехе или неуспехе кредита.

Возможное число разных комбинаций прохождения клиента через банк и взятку равно:

$$(20) \quad N_{\max} = N_1 \square N_2 \square N_3 \square N_4 \square N_5 \square$$

Логическая функция взяток в совершенной дизъюнктивной нормальной форме (СДНФ) содержит  $N_{\max}$  логических слагаемых и запишется так:

$$(21) \quad Y = Z_1 Z_2 Z_3 Z_4 Z_5 \vee \overline{Z_1} Z_2 Z_3 Z_4 Z_5 \vee Z_1 \overline{Z_2} Z_3 Z_4 Z_5 \vee \dots \vee \overline{Z_1} \overline{Z_2} \overline{Z_3} \overline{Z_4} \overline{Z_5}.$$

В каждый конъюнкт (21) входит каждая логическая переменная из  $Z_1, Z_2, Z_3, Z_4, Z_5$  или ее отрицание (черта над логической переменной). Все конъюнкты попарно ортогональны, то есть совершенная дизъюнктивная нормальная форма является ортогональной. При вычислении вероятности события  $Y$  вместо событий  $Z_1, Z_2, Z_3, Z_4, Z_5$  следует подставить вероятности этих событий, а знак логической операции «OR» заменить на знак «+»

СДНФ является самой громоздкой записью Л-функции. В действительности Л-модель взяток может быть записана проще, если учесть структуру подразделений банка и их связи. Для определенности примем, что сценарий модели взяток определяет «мостик», приведенный на рис. 4.

Здесь чиновники из  $Z_1$  и  $Z_2$  проверяют обеспечение кредитов, а из  $Z_3$  и  $Z_4$  принимают решения о размере и сроках кредита. Чиновники (начальники) из  $Z_5$  руководят процессом. Клиент идет к одному из начальников, который за взятку направляет по пути (маршруту) к чиновникам из групп  $Z_1 - Z_4$ , которые берут взятки.

Логическая модель (Л-модель) взяток в дизъюнктивной нормальной форме (ДНФ) (записи логической функции без скобок) на основе кратчайших путей успешного функционирования [1] системы с взятками запишется так

$$(22) \quad Y = Z_1 Z_3 \vee Z_2 Z_4 \vee Z_1 Z_5 Z_4 \vee Z_2 Z_5 Z_3.$$

Вероятностная модель (В-модель, В-полином) риска взяток, полученная после ортогонализации логической функции (22), запишется так

$$(23) \quad P = p_2 p_4 + p_1 p_3 + q_1 p_2 p_3 q_4 p_5 + p_1 q_2 q_3 p_4 p_5 - p_1 p_2 p_3 p_4.$$

Идентификация модели взяток заключается в определении вероятностей  $P_{jr}$ ,  $j=1, \dots, n$ ;  $r=1, \dots, N_j$  (с которыми чиновники берут взятки) по статистике фактов взяток, установленных судом.

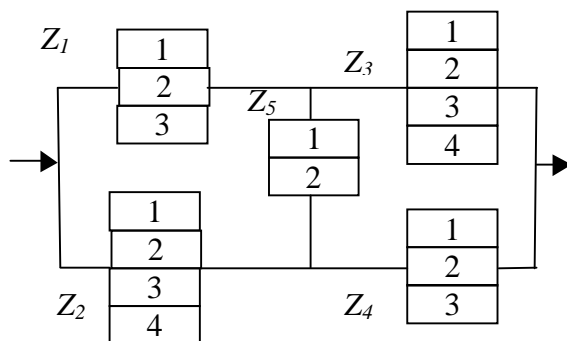


Рис. 4. Структурная модель риска взяток

**Пример 1.** Для идентификации В-модели риска в банке использовалась статистика из 1000 кредитов, из которых 700 были хорошими и 300 плохими, то есть средний риск взятки равен  $P_{av}=300/1000=0,3$ . Пять признаков имеют от 4 до 11 градаций; всего 40 градаций.

Таблица 2. Средние вероятности взяток для групп чиновников

Группы, j	Вероятности, $P_{jm}$	Вероятности, $P1_{jm}$	Число чиновников, $N_j$
1	0,478113	0,249540	4
2	0,348310	0,075949	10
3	0,298833	0,133823	5
4	0,388857	0,116348	11
5	0,291868	0,091775	10

В результате обучения определены вероятности  $P_{jr}$  и  $P1_{jr}$  для всех чиновников и подсчитаны характеристики ЛВ-модели взяток. Значение целевой функции в результате идентификации  $F_{max}=720$  и допустимое значение риска взятки  $P_{ad}=0,3094$ .

Результаты исследований приведены в табл. 2 и 3. Вероятности  $P2_{jr}$  и  $P1_{jr}$  градаций, хотя и составляют в сумме 1 в ГНС, существенно отличаются между собой (табл. 3). Вероятности взяток у чиновников (вероятности  $P_{jr}$ ) отличаются более чем в 10 раз. Наибольшие средние вероятности  $P_{jm}$  имеют группы чиновников 1 и 4. Эти же группы вносят наибольшие вклады в средний риск  $P_m$ . Вероятности взяток групп чиновников  $P_{jm}$  отличаются почти в два раза.

### 3.3. ЛВ-модель риска взяток на основе описания поведения чиновника

Взятки - это преступление, не выставяемое напоказ. Не возникает вопроса о наличии преступления при ограблении банка, когда свидетелями являются служащие и клиенты. Взятки же отличается от других видов преступлений сложностью выявления самого факта их совершения. Однако взятки носят массовый характер, и по ним имеется достаточно много данных в судебных и контролирующих органах.

Для каждого типа взяток можно выделить признаки [1, 7], ассоциирующие с подобным преступлением. Каждый из признаков имеет как минимум две градации. В-модель риска взяток может быть идентифицирована по статистическим данным.

Расследование взятки нужно проводить в том случае, когда с большой вероятностью можно полагать, что она имела место. Серьезность подозрения во взятке можно оценить количественно по вероятности взятки. О взятках чиновника (врача, учителя) свидетельствуют, например, следующие признаки личности и необычного поведения:

- Возраст;
- Продолжительность работы в учреждении или компании;
- Приобретение дома, машины и т.д. со стоимостью, не соответствующей заработной плате;
- Наличие долгов;
- Финансовые запросы;

- Пристрастие к азартным играм;
- Выходящий за привычные рамки образ жизни;
- Необычное поведение;
- Наличие жалоб;
- Неясное или уголовное прошлое;
- Отсутствие разделения обязанностей;
- Отсутствие независимых проверок;
- Отсутствие соответствующих документов и записей;
- Пренебрежение существующими правилами;

Таблица 3. Вероятности взяток чиновников

Номера градаций	Вероятности, $P_{1r}$	Вероятности, $P_{1_{1r}}$	Частоты, $P_{2_{1r}}$
Группа $Z_1$			
1	1,0	0,522300	0,274
2	0,596084	0,311103	0,269
3	0,248278	0,129579	0,063
4	0,070927	0,037017	0,394
Группа $Z_2$			
1	0,0	0,0	0,0
2	0,687703	0,149933	0,014
3	0,227359	0,0495688	0,002
4	1,0	0,218209	0,054
5	0,510577	0,111316	0,017
6	0,704722	0,153643	0,086
7	0,570149	0,124304	0,057
8	0,448856	0,097859	0,224
9	0,434821	0,094799	0,187
10	0,001675	0,000365	0,359

Элементами сценария и ЛВ-модели риска взяток являются признаки  $Z_1, \dots, Z_j, \dots, Z_n$ , каждый из которых имеет несколько градаций. Градации для  $j$ -признака  $Z_{j1}, \dots, Z_{jn}, \dots, Z_{jn_j}$  составляют ГНС. Сценарий взятки чиновника описывается так: взятка имеет место, если имеет место любое одно событие-признак, или любые два события-признака, или... все события-признаки. Сценарий (граф) взяток представлен на рис.5

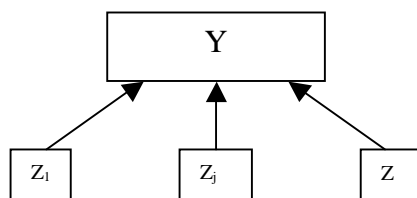


Рис. 5. Структурная модель риска взяток ( $\rightarrow$  - логическая связь ИЛИ)

Л - функция (ЛВ-модель) взяток в ДНФ [1, 4]

$$(24) \quad Y = Z_1 \vee Z_2 \vee \dots \vee Z_j \vee \dots \vee Z_n.$$

Л-функция риска взяток в ортогональной форме (ОДНФ) после ортогонализации (24):

$$(25) \quad Y = Z_1 \vee Z_2 \overline{Z_1} \vee Z_3 \overline{Z_2} \overline{Z_1} \vee \dots$$

В-функция (модель, полином) риска взяток, записанная по ОДНФ (25)

$$(26) \quad P = p_1 + p_2 q_1 + p_3 q_1 q_2 + \dots$$

Идентификация ЛВ-модели взяток - вычисление вероятностей  $P_{jr}$ ,  $j=1,2,\dots,n$ ;  $r=1,2,\dots,N_j$  (с которыми чиновники берут взятки) по статистике подозрений на взятки, рассмотренных судом.

"Арифметика" в В-модели риска взяток такова, что вероятность взяток находится в пределах  $[0,1]$  при любых значениях вероятностей инициирующих событий. Для каждого события-градации в ГНС используются три ранее введенные вероятности (рис. 2):  $P_{2_{jr}}$ ,  $P_{1_{jr}}$ ,  $P_{jr}$ .

Наибольшее число разных комбинаций взяток равно:

$$(27) \quad N_{\max} = N_1 \square N_2 \square \dots \square N_j \dots N_n,$$

где  $N_1, \dots, N_j, \dots, N_n$  - число градаций в событиях-признаках.

Если число признаков равно  $n=20$  и каждый имеет  $N_j=5$  градаций, то число разных комбинаций взяток (или конъюнктов в СДНФ) равно астрономическому числу  $N_{\max}=5^{20}$ , что объясняет трудности борьбы с взятками и коррупцией.

ЛВ-модель риска взяток (24-26) описывает все возможные взятки и является самой точной. Однако в ряде случаев не нужно учитывать все возможные взятки. Например, из статистики известно, что взятка имела место при появлении одного и не более двух событий из  $Z_1, Z_2, \dots, Z_n$ . Тогда используется Л-модель риска при ограниченном числе разных взяток [1].

Пусть имеем логическую модель риска взяток из четырех элементов

$$(28) \quad Y = Z_1 \vee Z_2 \vee Z_3 \vee Z_4.$$

Для ограниченного числа разных взяток, *сценарий формулируется так: взятка может иметь место, когда происходит любое одно или любые два события*. Л-модель риска неуспеха запишется так

$$(29) \quad Y = \overline{Z_1} \overline{Z_2} \overline{Z_3} \overline{Z_4} \vee \overline{Z_2} \overline{Z_1} \overline{Z_3} \overline{Z_4} \vee \overline{Z_3} \overline{Z_1} \overline{Z_2} \overline{Z_4} \vee \overline{Z_4} \overline{Z_1} \overline{Z_2} \overline{Z_3} \vee \overline{Z_1} \overline{Z_2} \overline{Z_3} \overline{Z_4} \vee \overline{Z_1} \overline{Z_3} \overline{Z_2} \overline{Z_4} \vee \overline{Z_1} \overline{Z_4} \overline{Z_2} \overline{Z_3} \vee \overline{Z_2} \overline{Z_3} \overline{Z_1} \overline{Z_4} \vee \overline{Z_2} \overline{Z_4} \overline{Z_1} \overline{Z_3} \vee \overline{Z_3} \overline{Z_4} \overline{Z_1} \overline{Z_2}$$

В Л-модели риска (29) все логические слагаемые попарно ортогональны, что позволяет сразу же записать В-модель (В-полином) риска взяток:

$$(30) \quad p\{Y\} = p1q2q3q4 + p2q1q3q4 + p3q1q2q4 + p4q1q2q3 + p1p2q3q4 + p1p3q2q4 + p1p4q2q3 + p2p3q1q4 + p2p4q1q3 + p3p4q1q2.$$

**Пример 2.** Фактических данных о взятках, установленных уголовными делами, у автора не было. В качестве статистических данных использовались модельные данные. Из 1000 подозреваемых во взятках, на которых возбуждены уголовные дела, были осуждены только 300, а остальные 700 были признаны невиновными. Средний риск взяток равен  $P_{av}=300/1000=0,3$ . Подозреваемые описывались  $n=20$  признаками, которые имели в сумме 94 градации.

Идентификация В-модели риска взяток (26) заключается в определении вероятностей  $P_{jr}$ ,  $r=1,2,\dots,N_j$ ;  $j=1,2,\dots,n$  событий-градаций. На шаге оптимизации вычисляется вероятность взятки для каждого подозреваемого и сравнивается с допустимой вероятностью  $P_{ad}$ . Подозреваемого относят к плохим или хорошим. Целевая функция формулировалась так: число корректно классифицируемых подозреваемых должно быть максимальным.

Вклады событий-градаций в точность ЛВ-модели риска взяток рассмотрим на примере событий-градаций (табл. 4) признаков  $Z_2$  и  $Z_{13}$  для оптимально обученной ЛВ-модели риска взяток ( $F_{\max}=826$ ). В табл. 4 приведены частоты градаций для всех  $P2_{jr}$ , плохих  $P20_{jr}$  и хороших  $P21_{jr}$  подозреваемых; вероятности событий-градаций  $P1_{jr}$  и  $P_{jr}$ ; ошибки распознавания по градациям для всех  $E_{jr}$ , плохих  $E0_{jr}$  и хороших  $E1_{jr}$  подозреваемых.

Вклады событий-признаков в вероятность взятки подозреваемого пропорциональны вероятностям  $P_j$ ,  $j=1,2,\dots,n$ , равным вероятностям событий-градаций  $P_{jr}$ . Вероятности  $P_{jr}$  событий-градаций признаков отличаются более чем в 10 раз. Ошибки градаций  $E_{jr}$  в классификации взяток отличаются почти в 5 раз.

ЛВ-анализ модели риска взяток выполнен с использованием выражений (16-19). Для каждого  $j$ -признака определялись (табл. 5): средние значения вероятностей  $P1_{jm}$  и  $P_{jm}$ , а также уменьшение числа распознаваемых хороших и плохих подозреваемых  $\Delta F_j$  при исключении этого признака из модели риска. ЛВ-модель взяток после такого изменения переобучалась. Уменьшение числа распознаваемых подозреваемых определено по отношению к оптимально обученной модели взяток со всеми признаками.

Наибольший вклад в точность распознавания вносят признаки:  $Z_1, Z_2, Z_4, Z_5, Z_6, Z_3, Z_{13}$ . Нулевой вклад вносят признаки  $Z_{11}, Z_{12}, Z_{17}, Z_{18}, Z_{19}$ . Исключение признаков 11, 12, 17 и 18 уменьшает число распознаваемых подозреваемых всего на 4.

Точность ЛВ-модели риска взяток изменяется при изменении числа градаций в признаке. Выполнены исследования для признака  $Z_2$ , который в исходном варианте имеет 10 градаций. После переобучения модели риска взяток получены следующие результаты: при отсутствии признака  $F_{\max}=800$ ; при двух градациях в признаке  $F_{\max}=808$ ; при четырех градациях  $F_{\max}=812$ ; при десяти градациях  $F_{\max}=824$ ; при ста градациях (имеется семьдесят пустых градаций, которые не используются в статистике)  $F_{\max}=828$ .

Наибольший вклад в точность распознавания вносят признаки:  $Z_1, Z_2, Z_4, Z_5, Z_6, Z_3, Z_{13}$ . Нулевой вклад вносят признаки  $Z_{11}, Z_{12}, Z_{17}, Z_{18}, Z_{19}$ . Исключение признаков 11, 12, 17 и 18 уменьшает число распознаваемых подозреваемых всего на 4. Точность ЛВ-модели риска взяток изменяется при изменении числа градаций в признаке. Выполнены исследования для признака  $Z_2$ , который в исходном варианте имеет 10 градаций. После переобучения модели риска взяток получены следующие результаты: при отсутствии признака  $F_{max}=800$ ; при двух градациях в признаке  $F_{max}=808$ ; при четырех градациях  $F_{max}=812$ ; при десяти градациях  $F_{max}=824$ ; при ста градациях (имеется семьдесят пустых градаций, которые не используются в статистике)  $F_{max}=828$ .

Таблица 4. Вероятности и ошибки распознавания для градаций признаков подозреваемых

P2jr	P20jr	P21jr	P1jr	Pjr	Ejr	E1jr	E0je
Признак $Z_2$							
0,014	0,007	0,007	0,010	0,019	0,214	0,429	0,0
0,002	0,001	0,001	0,070	0,014	0,500	1,0	0,0
0,054	0,032	0,022	0,194	0,038	0,278	0,682	0,0
0,017	0,005	0,012	0,159	0,031	0,412	0,5	0,2
0,086	0,038	0,048	0,145	0,028	0,256	0,417	0,053
0,057	0,019	0,038	0,095	0,019	0,228	0,289	0,105
0,224	0,066	0,158	0,067	0,013	0,169	0,196	0,106
0,167	0,056	0,131	0,053	0,010	0,203	0,183	0,250
0,359	0,076	0,283	0,016	0,003	0,114	0,081	0,237
Признак $Z_{13}$							
0,0190	0,080	0,110	0,283	0,027	0,237	0,345	0,087
0,511	0,142	0,369	0,233	0,021	0,186	0,201	0,148
0,248	0,065	0,183	0,093	0,008	0,113	0,082	0,200
0,028	0,007	0,021	0,346	0,032	0,178	0,238	0,0
0,023	0,006	0,017	0,044	0,004	0,217	0,117	0,5

Таблица 5. Вклады признаков в точность модели взяток

Признаки, j	Число градаций, Nj	P1jm	Pjm	$\Delta Fj$
1	4	0.272384	0.020226	-64
2	10	0.063346	0.012359	-27
3	5	0.098475	0.009327	-18
4	11	0.090820	0.020927	-26
5	10	0.080377	0.017593	-20
6	5	0.272148	0.022466	-20
7	5	0.206945	0.018549	-6
8	4	0.266619	0.017736	-6
9	4	0.183897	0.014253	-10
10	3	0.318015	0.018295	-10
11	4	0.251871	0.018974	0
12	4	0.247375	0.017166	0
13	5	0.206718	0.018900	-16
14	3	0.235637	0.014733	-2
15	3	0.261648	0.017591	-8
16	4	0.341959	0.021975	-2
17	4	0.289853	0.018739	0
18	2	0.482499	0.017417	0
19	2	0.508613	0.018138	0
20	2	0.750896	0.018326	-2

### 3.4. ЛВ-модель риска взяток на основе анализа параметров обслуживания

Оценим вероятность взяток, используя статистику параметра обслуживания, например, времени решения чиновником (учреждением) проблемы клиента от поступления заявки до принятия решения, времени протезирования дантистом от начала процесса и др.

Пусть для  $N$  клиентов имеется статистика по времени обслуживания  $Y_i, i=1,2,\dots,N$ . Если построить нормальный закон распределения параметра  $Y_i$  и задать его средним значением и дисперсией,

то это приведет к существенному уменьшению точности оценки взятки, так как нормальный закон распределения встречается крайне редко.

Параметр обслуживания может иметь непрерывные или дискретные значения. В обоих случаях с целью повышения адекватности модели взятки и использования аппарата ЛВ-исчисления строим дискретное распределение на выбранных интервалах разбиения значений параметра. Каждому интервалу со средним значением параметра присваивается номер градации. Градации составляют ГНС. Вероятности событий-градаций определяют по формуле

$$(31) \quad P_j = N_j / N,$$

где:  $N_j$  – число значений параметра в статистике с данной градацией.

Параметр обслуживания имеет допустимое значение  $Y_{ad}$  (рис. 6). Вероятность  $P\{Y < Y_{ad}\}$  назовем риском взятки. *Сценарий взятки формулируется так: если параметр обслуживания меньше (больше) допустимого значения, то имеется подозрение на взятку.*

Таким образом, для параметра обслуживания при заданном риске  $Risk$  могут быть вычислены: допустимое значение  $Y_{ad}$ , число значений параметра в «хвосте» распределения  $N_{ad}$ , энтропия вероятностей параметра в «хвосте» распределения  $H_{ad}$ .

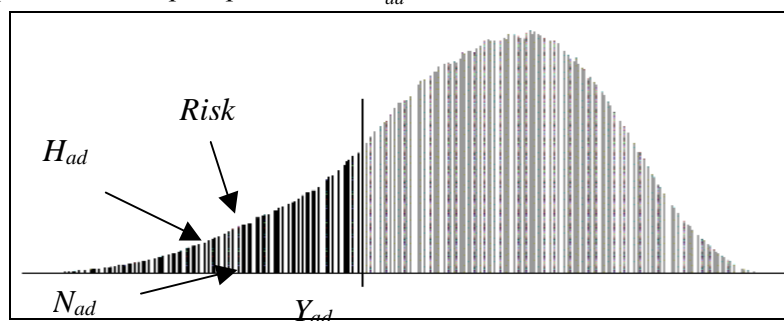


Рис. 6. Дискретное распределение параметра обслуживания

Во многих работах по  $VaR$  (*Value-at-Risk*) исследуются “хвосты” распределения, для которых вводят различные типы распределений и условные вероятности. В ЛВ-теории риска этого не нужно делать, ибо используется произвольный закон распределения значений параметра, который задается дискретным рядом [1, 4].

**Пример 3.** Обслуживались  $N=700$  клиентов. Параметр  $Y_1$  определяет продолжительность обслуживания в днях и имеет  $N_1=30$  дней-градаций, для которых вычислены вероятности  $P_{1r}$ ,  $r=1,2,\dots,30$  по (31). Допустимое значение параметра  $Y_{1ad}=10$  и значение риска  $Risk1=0,2$ . При условии  $Y_1 < Y_{1ad}$  вызывается подозрение во взятке.

Пусть имеется еще один параметр обслуживания  $Y_2$ , имеющий  $N_2=20$  градаций, допустимое значение  $Y_{2ad}$  и риск  $Risk2$ . Параметрам обслуживания соответствуют логические переменные, которые могут быть зависимыми, но не изначально, а потому, что они содержатся в определенной логической формуле, которая и определяет зависимость между ними.

Для случая двух параметров обслуживания  $Y_1$  и  $Y_2$ , будем иметь  $N=N_1N_2=30*20=600$  комбинаций обслуживания, каждая из которых имеет свою вероятность. Л-функции для двух разных комбинаций обслуживания  $Y = Y_1 \wedge Y_2$  ортогональны (произведение логических функций равно нулю), так как эти комбинации содержат разные градации для  $Y_1$  и  $Y_2$ , принадлежащие одним и тем же ГНС.

Свойство ортогональности разных комбинаций обслуживания позволяет перейти от Л-функций к алгебраическим выражениям для вероятностей, то есть Л-переменные заменить на вероятности и знаки «или» на знаки «плюс». Легко вычислить число комбинаций, удовлетворяющих условию взятки

$$(32) \quad P\{(Y_1 \leq Y_{1ad}) \vee (Y_2 \leq Y_{2ad})\},$$

и вероятность взятки.

#### 4. Заключение

По результатам работы можно сделать следующие выводы:

1. Описаны основные области использования ЛВ-моделирования и анализа риска катастроф.
2. Изложены основные положения ЛВ-теории риска катастроф и взятки с ГНС.

3. Построение ЛВ-модели риска с ГНС включает в себя:
  - Представление Л-модели риска в СДНФ для оценки числа возможных комбинаций и вычислительной сложности алгоритмов;
  - Запись Л-модель риска в ДНФ, используя сценарий в виде высказываний или графа, или в виде кратчайших путей, или для ограниченного множества событий.
  - Преобразование Л-модели риска из ДНФ в ОДНФ;
  - Запись В-модель риска по ОДНФ;
  - Идентификация (обучение) В-модели риска по статистике;
  - Анализ В-модели риска с вычислением вкладов признаков и их градаций в риск, средний риск и точность ЛВ-модели риска.
  
4. Разработаны сценарии и ЛВ-модели риска взятков с ГНС:
  - в учреждении по результатам (параметрам) его функционирования,
  - чиновников на основе описания их поведения параметрами и признаками,
  - в учреждении и чиновников на основе анализа параметров обслуживания,
  
5. ЛВ-модели риска взятков предназначены для служб контроля и безопасности банков и компаний и департаментов «Экономических преступлений» городов с целью выявления взяток по статистическим данным; предложенные ЛВ-модели риска взятков могут использоваться для учреждения в отдельности и в совокупности.
  
6. Использование ЛВ-моделей для оценки и анализа риска позволит существенно снизить риск катастроф и аварий в технике, кризисов и дефолтов в экономике, риска бесконтактных войн, взяток и коррупции и тем самым повысить стабильность развития общества.
  
7. Задачи ЛВ-моделей риска с ГНС по статистическим данным в проблемах техники, экономики, бесконтактных войн, а также взяток, коррупции и воровства, как следует из выражений (20, 27), имеют исключительно высокую вычислительную сложность и могут решаться только с использованием компьютеров и специальных логических *Software*.
  
8. Разработан комплекс программ для идентификации моделей риска, оценки и анализа риска. Подробнее сведения об этих *Software* можно получить в работах [1, 14, 15], на вебсайтах [www.inorisklab.com](http://www.inorisklab.com), [www.ipme.ru/ipme/labs/iisad/sapr.htm](http://www.ipme.ru/ipme/labs/iisad/sapr.htm) и по E\_mail: [risk@sapr.ipme.ru](mailto:risk@sapr.ipme.ru).

## Литература

1. Соложенцев Е. Д. Сценарное логико-вероятностное управление риском в бизнесе и технике. 2-е изд. СПб.: Бизнес-пресса, 2006, 560 с.
2. Рябинин И. А. Надежность и безопасность структурно-сложных систем. СПб.: Политехника, 2000, 248 с.
3. Можаяев А. С. Аттестация программы «Арбитр» автоматизированного расчета безопасности и технического риска систем. // Proc.~of the Seventh Int.~Scien.~ School~/by Editors I.Ryabinin and E.Solojntsev. 2007, September, St.~Petersburg: SPUASE.
4. Solojntsev E. D. Scenario Logic and Probabilistic Management of Risk in Business and Engineering. Springer: 2004. 391 p.
5. Ярошенко А. В. Методология координатных переключений. - СПб. ВМА, 2006.
6. Ярошенко А. В. Бесконтактные войны седьмого поколения. СПб. Морская газета. Прошлой войны не будет.- Специальный выпуск, № 11, декабрь 2006.
7. Альберт С., Венц Дж., Ульямс Т. Мошенничество. Луч света на темные стороны бизнеса / Пер. с англ. СПб.: Питер, 1995, 396 с.
8. Сатаров Г. А. Антикоррупционная политика. Уч. пособие, М.: РА «СПАС», 2004, 368 с.
9. Елисеева И. И. Общая теория статистики: Уч. – М.: Финансы и статистика, 2004. – 656 с.
10. Heckman James J., Leamer Edward. Handbook of Econometrics, v.5, 2002.
11. Соложенцев Е. Д. Сценарные логико-вероятностные модели взяток. – Финансы и Бизнес, 2007; № 1.
12. Соложенцев Е. Д., Степанова Н. В., Карасев В. В. Прозрачность методик оценки кредитных

рисков и рейтингов. - СПб.: Изд-во С.-Петер. Ун-та, 2005. – 197 с.

13. Соложенцев Е. Д., Карасев В. В., Соложенцев В. Е. Логико-вероятностные модели риска в банках, бизнесе и качестве. - СПб.: Наука, 1999. – 120 с.

14. [http:// www.inorisklab.com](http://www.inorisklab.com)

15. Соложенцев Е.Д., Махутов Н. А., Логико-вероятностное моделирование риска в многокомпонентных системах с группами несовместных событий для задач классификации, инвестирования, эффективности и менеджмента.- Проблемы безопасности при чрезвычайных ситуациях. N 2, 2006