

УДК 004.7

О. Н. Дяченко, А. Я. Куземин, В. В. Ляшенко, А. А. Тороев
Харьковский национальный университет радиоэлектроники

Ситуационная модель построения лавиноопасных и нелавиноопасных микроситуаций

Рассмотрена актуальная тема управления рисками в чрезвычайных ситуациях. Представлена ситуационная модель, которая позволяет повысить эффективность управления риском чрезвычайных лавинных ситуаций. Модель представляет собой декомпозицию лавиноопасной и нелавиноопасной ситуаций на множество микроситуаций. В качестве меры сходства микроситуаций использован критерий Вилкоксона.

Ключевые слова: лавина, ситуация, статистика, модель, анализ.

Введение

Во всем мире нарастает озабоченность в связи с все возрастающим количеством ежегодно возникающих чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера, увеличением их масштабов. Под чрезвычайной ситуацией понимается обстановка на определенной территории, сложившаяся в результате аварии, опасного природного явления, катастрофы, стихийного или иного бедствия, которые могут повлечь или повлекли за собой человеческие жертвы, ущерб здоровью людей или окружающей природной среде, значительные материальные потери и нарушение условий жизнедеятельности людей [1].

К таким чрезвычайным ситуациям относят и лавинные сходы, которые причиняют материальный ущерб промышленным и гидротехническим комплексам, дорогам, линиям электропередач и связи, зданиям, сооружениям и вызывают человеческие жертвы.

Складывающаяся обстановка требует принятия мер по совершенствованию управления лавиноопасными ситуациями. В качестве одной из таких мер рекомендуется переход к методам управления, основанным на анализе и оценке риска количественной характеристики лавинной опасности для населения и окружающей среды [2, 3]. Для того чтобы производить управления рисками чрезвычайных лавинных ситуаций необходимо построить обобщенное описание системы с помощью ситуаций. Ситуация системы есть оценка (анализ, обобщение) совокупности характеристик объектов и связей между ними, которые состоят из постоянных и причинно-следственных отношений, зависящих от произошедших событий и протекающих процессов [3].

© О. Н. Дяченко, А. Я. Куземин, В. В. Ляшенко, А. А. Тороев

Таким образом, цель данной работы заключается в повышении эффективности управления рисками чрезвычайных ситуаций за счет построения ситуационной модели, которая описывается множествами микроситуаций.

Из вышепоставленной цели следуют следующие подзадачи:

- 1) определение лавиноопасных и нелавиноопасных микроситуаций;
- 2) проверка адекватности выбранных микроситуаций при использовании меры сходства.

Представление лавиноопасных и нелавиноопасных ситуаций

Проводя анализ данных, с целью формирования базы знаний, существенным вопросом остается рассмотрение обобщения полученных результатов. В частности, проведение предварительного статистического анализа предупреждения возникновения лавиноопасных ситуаций позволило получить определенные дискриминантные функции прогноза [4, 5] таких ситуаций. При этом полученные с помощью таких функций результаты оценивания вероятности отнесения исследуемых данных к классам, которые описывают либо лавиноопасные, либо нелавиноопасные ситуации схода лавин, позволяют выделить, прежде всего, на всем множестве анализируемых данных среды возникновения лавинного климата два типа ситуаций. Соответственно это ситуация возникновения лавин (Ω_L) и нелавиноопасная ситуация (Ω_N). Данные ситуации описываются множеством наиболее значимых статистических характеристик X_1, X_2, X_3, X_4, X_5 , где X_1 — температура воздуха; X_2 — влажность воздуха; X_3 — скорость ветра; X_4 — количество выпавших осадков; X_5 — угол склона горы.

В свою очередь каждая из рассматриваемых ситуаций Ω представляется определенным набором микроситуаций $\Omega = \{\omega_i\}$, $i = \overline{1, n}$, каждая из которых соответствует определенной группе рассматриваемых типов данных среды возникновения лавинного климата и отражающих, с одной стороны, достоверную вероятность наступления лавиноопасной ситуации, а, с другой, — характеризующих вероятность невозникновения лавиноопасной ситуации.

Иными словами, лавиноопасные ситуации Ω_L представляют собой однородное по типам данных объединение различных микроситуаций $\Omega_L = \bigcup_i \Omega_{L_i}$, и нелавиноопасные ситуации Ω_N представляют объединение $\Omega_N = \bigcup_i \Omega_{N_i}$. Каждая такая микроситуация отражает в определенной мере вероятность наступления либо лавиноопасной, либо нелавиноопасной ситуации в целом с точки зрения определенного типа (групп) данных при различных их значениях, которые и характеризуют рассматриваемые ситуации. Таким образом, в целом результаты оценивания вероятности отнесения исследуемых данных к классам, которые описывают либо лавиноопасные, либо нелавиноопасные ситуации схода лавин можно рассматривать как основу перехода к формированию соответствующих систем микроситуаций, данные относительно которых составляют базу знаний информационно-аналитической системы управления кризисными ситуациями.

Формирование лавиноопасных и нелавиноопасных микроситуаций

Рассмотрим более подробно процедуру формирования микроситуаций, полученных на основе исследования различных типов групп данных среды возникновения лавиноопасных и нелавиноопасных ситуаций, на примере ИТАГАР Чычканского района республики Кыргызстан на протяжении 2001–2006 гг., исходя из того, что результаты измерений проводились ежемесячно. Соответствующие результаты, полученные при использовании дискриминантного анализа для прогнозирования лавинной и нелавиноопасной ситуаций для различных групп данных, сведены в табл. 1.

Таблица 1. Результаты, полученные при использовании дискриминантного анализа для прогнозирования лавинной и нелавиноопасной ситуаций

Исследуемые группы данных	Диапазон вероятности правильного отнесения к лавиноопасному классу	Диапазон вероятности правильного отнесения к нелавиноопасному классу
X_1, X_2, X_3, X_4	0,54–0,82	0,51–0,87
X_1, X_2, X_4, X_5	0,50–0,87	0,52–0,77
X_1, X_2, X_3	0,52–0,77	0,51–0,70
X_2, X_3, X_5	0,51–0,69	0,50–0,73
X_2, X_3, X_4, X_5	0,51–0,96	0,50–0,80

Представленный в табл. 1 диапазон вероятности правильного отнесения к какому либо из классов ситуаций в общем можно рассматривать как некую интегральную характеристику соответствующей микроситуации. Тогда, исходя из вышеизложенного и данных табл. 1, лавиноопасную ситуацию можно рассматривать в виде совокупности отдельных интегральных характеристик таких микроситуаций.

Подтверждением целесообразности такого обобщения может служить некая процедура сравнения микроситуаций. При этом обоснованием для рассмотрения такой процедуры можно считать графики объемных и точечных вычерчиваний их средних значений (рис. 1, соответствующие статистические параметры эмпирических величин сведены в табл. 2). На рис. 1 L и N соответствуют ситуации возникновения лавиноопасного и нелавиноопасного события, а наборы X_1, X_2, X_3, X_4, X_5 соответствуют микроситуациям данного события.

Как видно из рис. 1 в целом группы лавиноопасных и нелавиноопасных микроситуаций являются различимыми. В частности, одной из таких характеристик различимости микроситуаций может быть плотность распределения вероятности правильного отнесения к различным классам (рис. 2, 3).

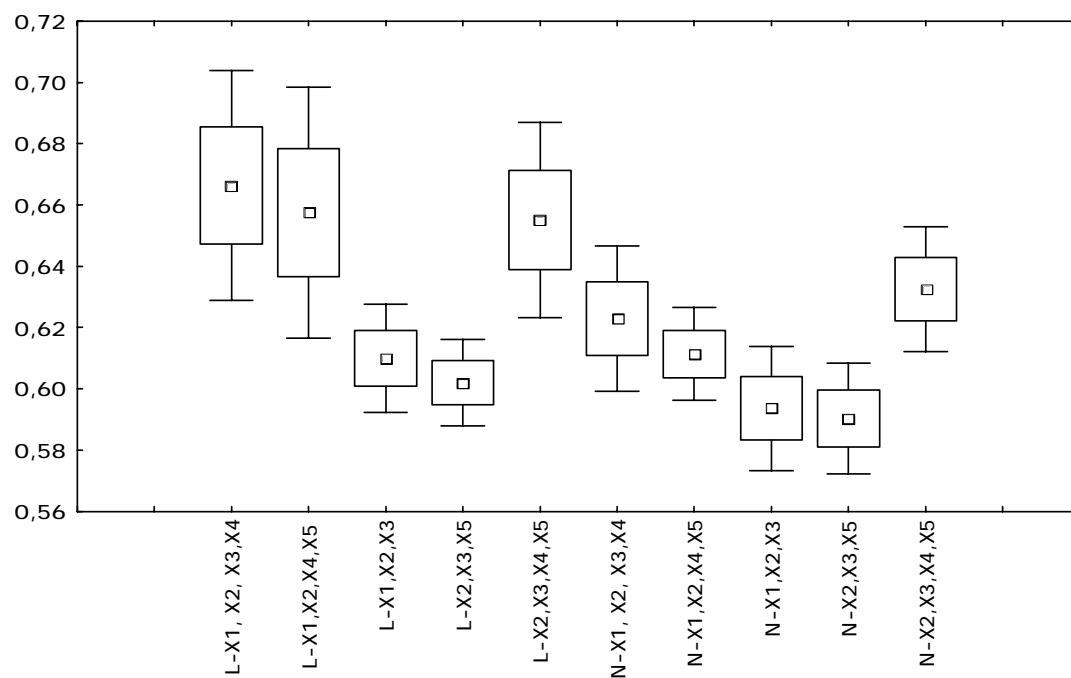


Рис. 1. Объемно-точечное вычерчивание средних значений для различных микроситуаций

Таблица 2. Статистические параметры эмпирических величин

лавиноопасные микроситуации			
	Значимые предикторы	\bar{X}	σ
1	$L - X_1, X_2, X_3, X_4$	0,67	0,12
2	$L - X_1, X_2, X_4, X_5$	0,66	0,12
3	$L - X_1, X_2, X_3$	0,61	0,06
4	$L - X_2, X_3, X_5$	0,61	0,05
5	$L - X_2, X_3, X_4, X_5$	0,66	0,11
нелавиноопасные микроситуации			
6	$N - X_1, X_2, X_3, X_4$	0,62	0,09
7	$N - X_1, X_2, X_4, X_5$	0,61	0,05
8	$N - X_1, X_2, X_3$	0,59	0,07
9	$N - X_2, X_3, X_5$	0,59	0,06
10	$N - X_2, X_3, X_4, X_5$	0,63	0,07

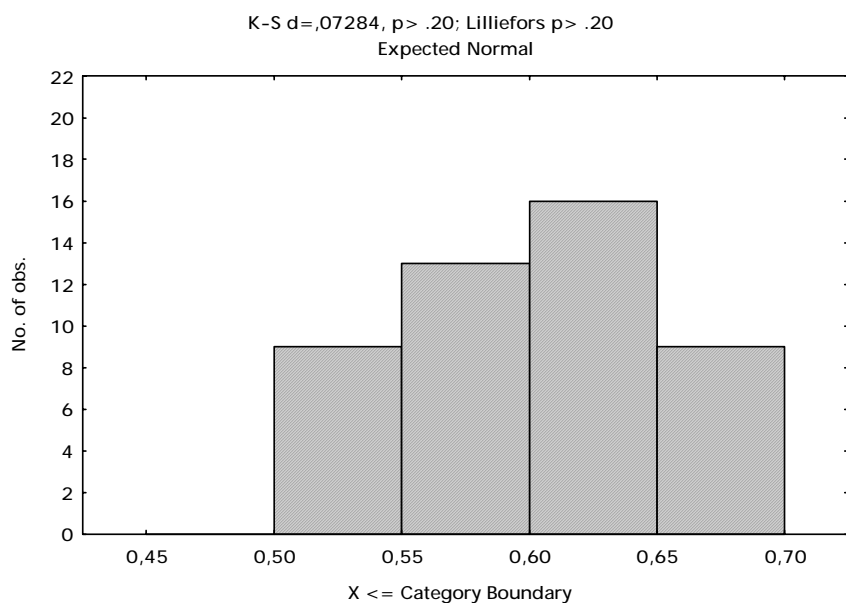


Рис. 2. Гистограмма и плотность распределения отнесения микроситуации $L - X_2, X_3, X_5$ к классу лавиноопасных ситуаций

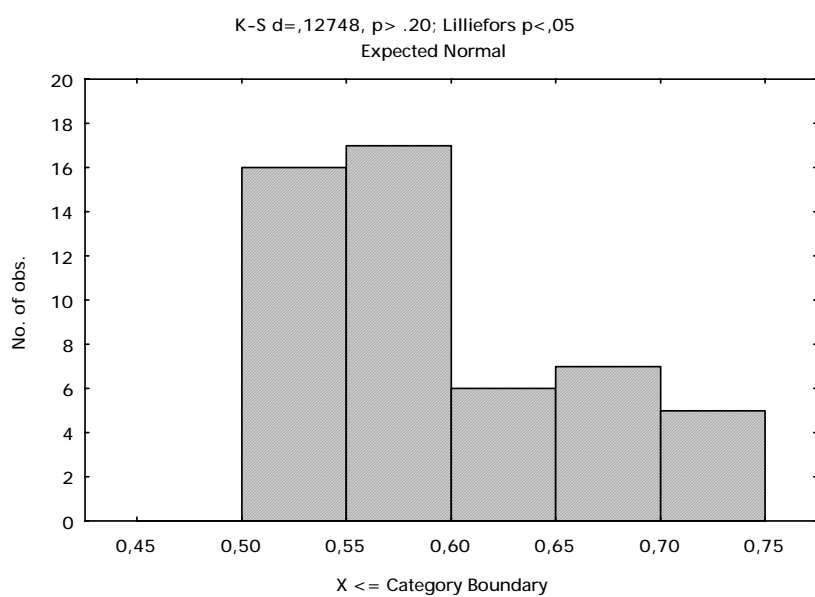


Рис. 3. Гистограмма и плотность распределения отнесения микроситуации $N - X_2, X_3, X_5$ к классу нелавиноопасных ситуаций

Мера согласования микроситуаций

Первым шагом на пути сравнения микроситуаций является установление закона распределения и дальнейшее оценивание согласования таких распределений по некоторому критерию.

Предположим, что полученные данные описываются кривой нормального распределения, то естественно потребовать, чтобы математическое ожидание и дисперсия последнего совпадали со средним арифметическим и оценкой дисперсии, вычисленным по опытным данным.

Далее необходимо проверить, относится ли распределение данных величин действительно к нормальному распределению. Для этого будем использовать методы проверки статистических гипотез [6].

Для того чтобы принять или опровергнуть эту гипотезу, выбирается некоторая величина U , представляющая собой меру расхождения теоретического и статистического распределений. В качестве меры расхождения можно принять сумму квадратов разностей частот и теоретических вероятностей попадания результатов наблюдений в каждый интервал, взятых с некоторыми коэффициентами:

$$U = \sum_{i=1}^r c_i (P_i^* - P_i)^2,$$

где c_i — коэффициенты, называемые весами разрядов; P_i — теоретические вероятности.

Мера расхождения U является случайной величиной и, независимо от исходного распределения, подчиняется χ^2 -распределению с k степенями свободы.

Число степеней свободы распределения $k = r - s$, где r — число разрядов гистограммы статистического распределения, а s — число независимых связей, наложенных на частоты, нормального распределения $s = 3$.

При заданном уровне значимости $\alpha = 0,01$ находим табличное значение $\chi_{табл}^2$. Проанализировав данные, представленные в табл. 3, можно сделать вывод, что не все микроситуации относятся к нормальному распределению, т.к. некоторые вычисленные значения χ_k^2 превышают табличное значение $\chi_{табл}^2$.

Таблица 3. Проверка гипотезы о нормальности распределения с помощью критерия χ^2

Исходные данные	лавиноопасные микроситуации			нелавиноопасные микроситуации		
	Число степеней свободы	χ_k^2	$\chi_{табл}^2$	Число степеней свободы	χ_k^2	$\chi_{табл}^2$
X_1, X_2, X_3, X_4	2	24,6	13,8	2	15,6	13,8
X_1, X_2, X_4, X_5	2	18,7	13,8	2	1,0	13,8
X_1, X_2, X_3	3	15,2	16,3	3	39,9	16,3
X_2, X_3, X_5	2	3,8	13,8	3	17,5	16,3
X_2, X_3, X_4, X_5	3	7,3	13,8	1	3,9	10,8

Поскольку нормальное распределение имеют не все микроситуации, то для проверки гипотезы совпадения исследуемых распределений будем рассматривать непараметрические тесты. В данном случае целесообразно применить тест Вилкоксона (Wilcoxon) для связанных выборок, который отвечает на вопрос: произошло ли некоторое событие в анализируемых данных, которые и характеризуют различные выборки, существенно изменившее иерархию микроситуаций [7]. Иными словами исследуется различимость различных микроситуаций, которые характеризуются соответствующими функциями распределения. При этом значение такого теста можно использовать в качестве меры различия (согласования) рассматриваемых микроситуаций. Чем больше значение рассматриваемого теста, тем в целом более различимы рассматриваемые микроситуации, и наоборот, чем меньше значение рассматриваемого теста, тем более близки, рассматриваемые микроситуации. Результаты значений теста Вилкоксона приведены в табл. 4 (значения 1–5 соответствуют лавиноопасным микроситуациям, 6–10 — нелавиноопасным).

Таблица 4. Значения теста Вилкоксона для рассматриваемых микроситуаций

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	–	0,920	2,041	2,705	0,242	1,534	2,463	3,441	2,995	1,413
2	0,920	–	1,689	2,671	0,634	1,778	2,082	2,064	2,225	1,528
3	2,041	1,689	–	0,217	1,968	0,568	0,169	1,618	2,089	0,942
4	2,705	2,671	0,217	–	2,263	1,355	1,087	1,005	1,355	2,136
5	0,242	0,634	1,968	2,263	–	1,044	2,596	2,624	3,087	0,886
6	1,534	1,778	0,568	1,355	1,044	–	0,157	1,868	2,371	1,174
7	2,463	2,082	0,169	1,087	2,596	0,157	–	2,149	2,101	0,266
8	3,441	2,064	1,618	1,005	2,624	1,868	2,149	–	0,198	2,354
9	2,995	2,225	2,089	1,355	3,087	2,371	2,101	0,198	–	3,556
10	1,413	1,528	0,942	2,136	0,886	1,174	0,266	2,354	3,556	–

Анализ данных табл. 4 позволяет сделать вывод, что полученные значения теста Вилкоксона являются большими для микроситуаций, принадлежащих различным классам, которые описывают лавиноопасные и нелавиноопасные ситуации. Это позволяет обобщить сравнение различных микроситуаций. Для этого рассмотрим совокупное значение критерия Вилкоксона (как сумму частных значений теста) с точки зрения определенной микроситуации по отношению к классу лавиноопасных и нелавиноопасных ситуаций. Соответствующие значения приведены в табл. 5. Анализ табл. 5 показывает, что для лавиноопасных микроситуаций мера сходства по отношению к классу лавиноопасных ситуаций меньше меры сходимости по отношению к классу нелавиноопасных ситуаций, а для нелавиноопасных микроситуаций наоборот. Это говорит о том, что в целом лавиноопасные и нелавиноопасные ситуации представлены однородными микроситуациями.

Таблица 5. Интегральные значения теста Вилкоксона с точки зрения определенной микроситуации по отношению к классу лавиноопасных и нелавиноопасных ситуаций

Микроситуации	Обобщенное значение теста по отношению к классу лавиноопасных ситуаций	Обобщенное значение теста по отношению к классу нелавиноопасных ситуаций
1	5,908	11,846
2	5,914	9,677
3	5,915	5,386
4	7,856	6,938
5	5,107	10,237
6	6,279	5,570
7	8,397	4,673
8	10,752	6,569
9	11,751	8,226
10	6,905	7,350

Графическая интерпретация данных табл. 5 и рис. 4 позволяет ввести четкую процедуру разделения микроситуаций и в последующем по описанной выше схеме также проводить анализ новых микроситуаций, характерных как для лавиноопасного, так и нелавиноопасного классов ситуаций в целом.

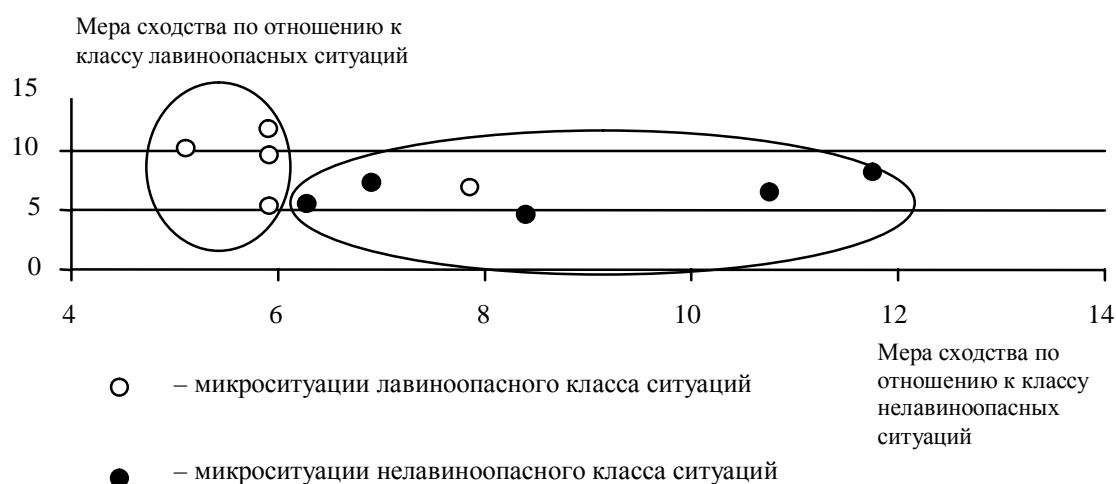


Рис. 4. Расположение микроситуаций в пространстве признаков, описывающих их отношение к классам лавиноопасных и нелавиноопасных ситуаций

Выводы

В данной статье была рассмотрена проблема управления рисками чрезвычайных ситуаций. Для реализации данной задачи было предложено построить обобщенное описание системы с помощью ситуаций, т.е. построить ситуационную модель. Особенность этой модели заключается в том, что лавиноопасная и нела-

виноопасная ситуации представлены набором микроситуаций, состоящих из статистически значимых параметров. Апробация модели проведена для пяти различных микроситуаций, для каждой из которых проведена проверка адаптивности данной ситуационной модели при использовании критерия Вилкоксона.

1. *Алымов В.Т. и др.* Анализ техногенного риска: Учеб. пособие. — М.: Круглый год, 2000. — 157 с.
2. *Клыков Ю.И.* Семиотические основы ситуационного управления. — М.: МИФИ, 1974. — 220 с.
3. *Поспелов Д.А.* Ситуационное управление: теория и практика. — М.: Наука, 1986. — 288 с.
4. *Obled, Ch. and Good, W.* Recent Developments of Avalanche Forecasting by Discriminant Analyses Techniques: A Methodological Review and Some Applications to the Parsenn Area (Davos, Switzerland) // *J. Glaciol.* — 1980. — **25**, N 92. — P. 315–346.
5. *Boyne H.S. and Williams K.* Analyses of Avalanche Prediction from Meteorological Data at Berthoud Pass, Colorado // *Proc. of the International Snow Science Workshop.* — Breckenridge (USA), 1992. — P. 229–235.
6. *Общая теория статистики: Учебник / Т.В. Рябушкин, М.Р. Ефимова, И.М. Ипатова, Н.И. Яковлева.* — М.: Финансы и статистика, 1981. — С. 27.
7. *Просветов Г.И.* Эконометрика. Задачи и решения. — С.-Пб.: РДЛ, 2005. — 104 с.

Поступила в редакцию 15.03.2007