

МОДЕЛЬ КЛАССИФИКАЦИИ ЛАВИНООПАСНОЙ СИТУАЦИИ

ДЯЧЕНКО О.Н., КУЗЕМИН А.Я., ЛЯШЕНКО В.В.

Рассматривается актуальная тема классификации лавиноопасных ситуаций. Предлагается модель перехода вероятностной оценки лавиноопасности к шкале лавиноопасных ситуаций. Для построения модели выявляются информативные предикторы, проводится дискриминантный анализ.

Введение

Стихийные действия сил природы наносят экономике государства и населению огромный ущерб. Стихийные бедствия – это такие явления природы, которые вызывают экстремальные ситуации, нарушают нормальную жизнедеятельность людей и работу объектов. Снежные лавины – одно из проявлений стихийных сил природы в зимний период. Они возникают в результате обильных снегопадов, которые могут продолжаться от нескольких часов до нескольких суток, влияют на работу транспорта, коммунально-энергетического хозяйства, учреждений связи, сельскохозяйственных объектов [1, 2].

Особенно опасны снежные обвалы в горах, которые имеют большую разрушительную силу и причиняют материальный ущерб промышленным и гидротехническим комплексам, дорогам, линиям электропередач и связи, зданиям, сооружениям и вызывают человеческие жертвы.

Прогноз лавин может производиться по времени схода лавин, по объемам снега и месту схода. Количественные характеристики, такие как объем, дальность выброса, число лавин, являются немаловажными па-

раметрами при прогнозировании. Оценивая эти величины, можно судить о размерах разрушений, нанесенных лавиной. Вероятность схода лавин может оцениваться в процентах и по определенной шкале.

Определение степени лавинной опасности и предотвращение катастрофических последствий обрушения снежных лавин сопряжено с обработкой значительных объемов разнообразной информации. Однако часто возникают ситуации, когда требуемая для оценки лавинной опасности информация частично или полностью отсутствует. В таких случаях осуществляется моделирование процессов лавинообразования.

Целью данной работы является построение модели для повышения эффективности классификации степени лавинной ситуации. В соответствии с поставленной целью возникает ряд *подзадач*:

1. Выявление адаптивной модели лавиноопасной ситуации.
2. Определение вероятности наступления лавиноопасного и нелавиноопасного состояния.
3. Сведение вероятностной оценки схода лавин к степеням шкалы лавинной опасности

Анализ существующих шкал оценок лавинной опасности

В мировой практике используется большое количество шкал оценки лавинной опасности – это европейская шкала, американская шкала, французская шкала оценивания лавинной опасности [3]. В данной статье воспользуемся французской шкалой оценивания лавинной опасности, разработанной Ф. Рапином (табл. 1, по данным [4]). Степень опасности оценивается пятью прогрессивно растущими ступенями, которые описываются через такие физические параметры, как поврежденная территория, толщина лавинной доски,

Таблица 1. Шкала лавинной опасности
Вероятность обрушения лавин

№ п/п	Степень лавинной опасности	Физические параметры	Вероятность обрушения лавин
1	Незначительная	Поврежденная территория: ~0.2 Га Толщина лавинной доски: 20 см Объем сошедшего снега: ~100 м ³ Динамическое давление: ~2 КПа	Обрушение возможно только при очень значительных дополнительных нагрузках на отдельных очень крутых склонах. Спонтанно могут произойти только подвижки снега
2	Умеренная	Поврежденная территория: ~1 Га Толщина лавинной доски: 40 см Объем сошедшего снега: ~1000 м ³ Динамическое давление: ~10 КПа	Обрушение возможно при значительных дополнительных нагрузках в первую очередь на указанных склонах, самопроизвольное обрушение лавин маловероятно
3	Значительная	Поврежденная территория: ~5 Га Толщина лавинной доски: 80 см Объем сошедшего снега: ~10 000 м ³ Динамическое давление: ~50 КПа	Сход лавин возможен при незначительной дополнительной нагрузке на указанных склонах. Возможно обрушение отдельных средних и реже больших по размерам лавин
4	Большая	Поврежденная территория: ~20 Га Толщина лавинной доски: 150 см Объем сошедшего снега: ~80 000 м ³ Динамическое давление: ~200 КПа	Обрушение возможно на большинстве склонов при незначительной дополнительной нагрузке
5	Очень большая	Поврежденная территория: ~50 Га Толщина лавинной доски: 250 см Объем сошедшего снега: ≥ 400 000 м ³ Динамическое давление: ~500 КПа	Ожидается обрушение многочисленных самопроизвольных лавин на любых склонах

объем сошедшего снега, динамическое давление, вероятность обрушения лавин и их характер воздействия на жизнедеятельность в горах.

Построение адаптивной модели лавиноопасной ситуации

В качестве исходных были взяты данные с 2001-2006гг., полученные в результате исследовательских работ в ИТАГАР Чычканском районереспублики Кыргызстан, исходя из того, что результаты измерений проводились ежемесячно. Для анализа были использованы следующие предикторы: температура воздуха, его относительная влажность, скорость ветра, выпавшие осадки и угол склона горы. Для решения поставленной задачи использовались лавиноопасные и нелавиноопасные данные. В табл. 2 представлены статистические характеристики используемых параметров.

Для определения статистически значимых параметров необходимо выбрать такие характеристики, которые более наглядно показывают лавиноопасную ситуацию. В данном случае такими характеристиками могут быть суммарные объемы сошедшего снега.

При использовании регрессионного анализа были получены следующие группы информативных признаков.

Как видно из табл. 3, образовалось 3 группы информативных признаков. Наиболее статистически значимыми признаками являются температура воздуха, влажность воздуха и скорость ветра, что подтверждают результаты предыдущих исследований. Угол склона горы является также информативным. Все параметры, кроме скорости ветра, имеют положительную зависимость. Соответствующие регрессионные модели имеют следующий вид:

$$Y_1 = 1,21 \cdot X_1 + 0,663 \cdot X_2 - 0,66 \cdot X_3 + 0,302 \cdot X_4, (1)$$

$$Y_1 = 0,695 \cdot X_1 + 0,592 \cdot X_2 + 0,307 \cdot X_4 + 0,192 \cdot X_5, (2)$$

$$Y_1 = 1,36 \cdot X_1 + 0,648 \cdot X_2 + 0,68 \cdot X_3, (3)$$

где Y_1 – объем сошедшего снега; X_1 – температура воздуха; X_2 – влажность воздуха; X_3 – скорость ветра; X_4 – количество выпавших осадков; X_5 – угол склона горы.

Подтверждение адекватности модели можно проверить на основании сопоставления измеренных и прогнозных данных, визуальное представление которых показано на рис. 1.



Рис. 1. Измеренные и прогнозные данные, построенные по моделям 1,2,3

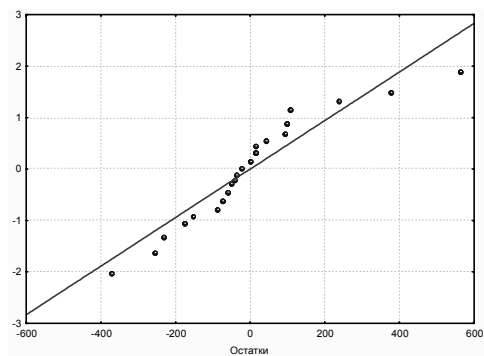
Адекватность полученных результатов также может быть подтверждена на основе анализа остатков регрессионных моделей для каждого случая. В частности, на рис. 2 представлены распределения таких остатков. По тому, как колеблются остатки регрессии вокруг прямых, можно делать вывод относительно их распределения и независимости.

Таблица 2. Статистические характеристики, рассчитанные для лавиноопасных и для нелавиноопасных данных

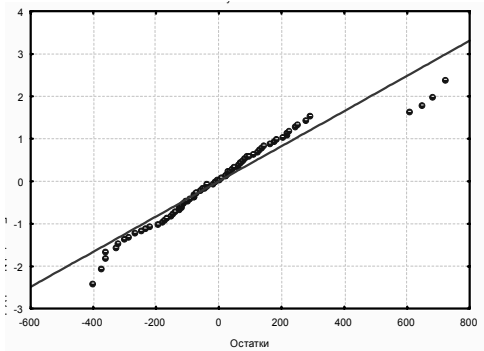
Параметр	Нелавиноопасные данные				Лавиноопасные данные			
	Статистические характеристики							
	Среднее	Медиана	Стандартное отклонение	Дисперсия	Среднее	Медиана	Стандартное отклонение	Дисперсия
Угол склона горы	30-43	35	7,72	59,60	30-43	35	7,72	59,60
Температура воздуха	-3,067	-5,3375	6,04	36,49	-3,21	-5,25	6,12	37,39
Относительная влажность воздуха	71,46	72,75	5,26	27,64	72,27	74	6,17	38,01
Скорость ветра	0,57	0,55	0,23	0,054	0,67	0,6	0,27	0,08
Выпавшие осадки	50,09	46	16,60	275,7	58,1	51,5	26,65	710,03

Таблица 3. Группы информативных признаков

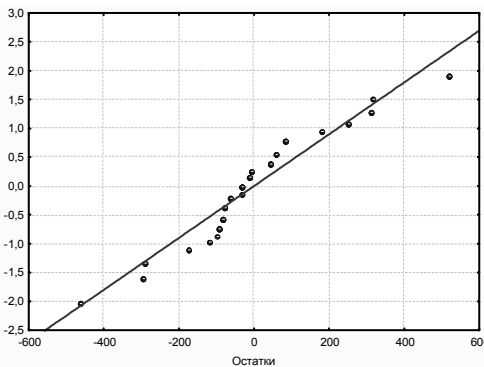
Зависимые характеристики	Статистически значимые параметры				
Объем сошедшего снега	1	Температура воздуха	Влажность воздуха	Скорость ветра	Количество выпавших осадков
	2	Температура воздуха	Влажность воздуха	Скорость ветра	
	3	Температура воздуха	Влажность воздуха	Количество выпавших осадков	Угол склона горы



а



б



в

Рис.2. График остатков регрессионных моделей: а – модели (1), б – модели (2), в – модели (3)

Проанализировав рис.1,2 можно сделать вывод, что (2) является более адекватной моделью реальному процессу. Влияние неучтенных в модели факторов незначительно, совместное их действие является практически одинаковым во всех частях совокупности.

Определение вероятности наступления лавиноопасного и нелавиноопасного состояния

После того, как выявлены значимые группы признаков лавинообразования, необходимо определить, насколько они применимы для прогнозирования лавиноопасной ситуации. Для определения вероятности наступления лавиноопасного периода был использован дискриминантный анализ [5, 6], который позволяет изучать различия между двумя и более объектами по нескольким признакам одновременно.

Для дискриминантного анализа использовалось два типа данных: заведомо лавиноопасные и нелавиноопасные.

Результатом этого анализа были наборы вероятностей наступления лавиноопасной и нелавиноопасной ситуации. Если вероятность больше 0,5, то считается, что классификация верна, если меньше, то классификация является ошибочной и считается ошибка классификации. В табл. 4 представлены данные, полученные при подобном анализе.

Результаты такого анализа являются основой для дальнейших исследований.

Сведение вероятностной оценки схода лавин к степеням шкалы лавинной опасности

Для того чтобы перейти от вероятностной оценки схода лавин к шкале опасности, предположим, что степень лавинноопасности зависит от вероятности наступления события, т.е. чем больше вероятность наступления события, тем более опасная ситуация в горах и, соответственно, чем меньше вероятность, тем менее опасная ситуация. Таким образом, на первом этапе выделены два класса лавиноопасной ситуации: «незначительная степень опасности» –

Таблица 4. Результаты, полученные при использовании дискриминантного анализа для прогнозирования лавинной и нелавиноопасной ситуации

Входные данные при разных статистически значимых признаках	Ошибка в определении класса данных, характерного для лавиноопасной ситуации	Ошибка в определении класса данных, не характерного для лавиноопасной ситуации	Диапазон вероятности правильного отнесения тестового набора (к лавиноопасному классу)	Диапазон вероятности правильного отнесения тестового набора (к нелавиноопасному классу)
Исходные данные				
X_1, X_2, X_3, X_4	0,12	0,11	0,54-0,82	0,51-0,87
X_1, X_2, X_4, X_5	0,168	0,12	0,50-0,87	0,52-0,77
X_1, X_2, X_3	0,10	0,10	0,52-0,77	0,51-0,70
Новые данные				
X_1, X_2, X_3, X_4	0,09	0,04	0,50-0,81	0,51-0,93
X_1, X_2, X_4, X_5	0,12	0,04	0,50-0,96	0,50-0,80
X_1, X_2, X_3	0,07	0,08	0,50-0,74	0,51-0,83

$p(x) \leq 0,3$, «очень большая степень опасности» – $p(x) \geq 0,75$. Для сведения всех вероятностных величин к степеням опасности ситуации построим графики всех наборов вероятностей данных случайных величин и определим области наибольших частот пиков графиков (графики представлены на рис.3).

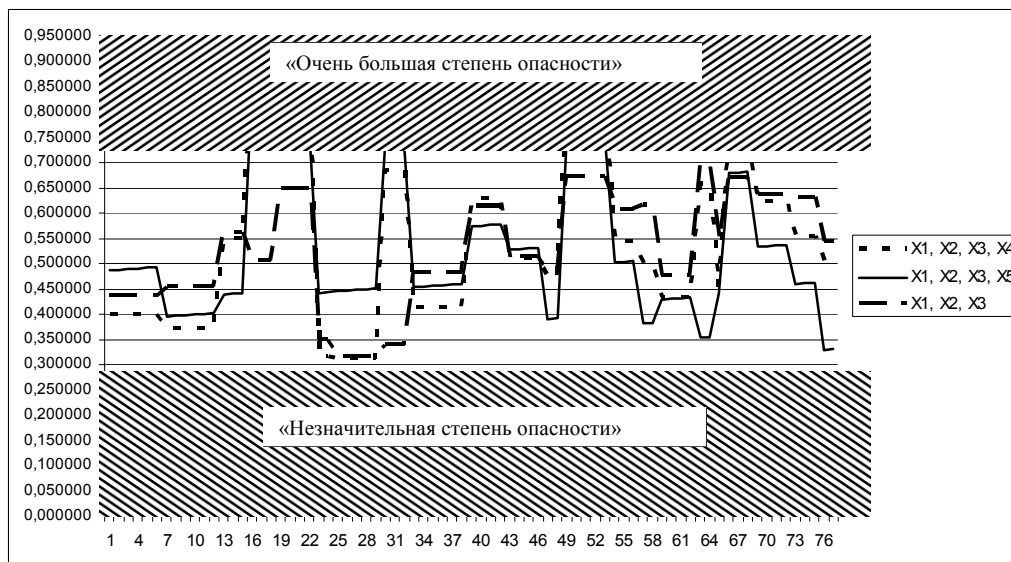


Рис.3. Графики наборов вероятностей при разных исходных данных

Проанализировав график на рис. 3, можно сделать вывод, что «умеренная степень опасности» соответствует $0,3 < p(x) < 0,4$, «значительная степень опасности» – $0,4 < p(x) < 0,6$, «большая степень опасности» – $0,6 < p(x) < 0,75$.

Выводы

Рассмотрена проблема прогнозирования лавинной опасности. Обосновано, что количественные характеристики, такие как объем схода лавин, их количество лавин, являются важными параметрами при прогнозировании. Однако в силу того, что при прогнозировании лавинной опасности требуемая статистическая информация отсутствует, была предложена модель, которая позволяет улучшить классификацию лавиноопасных ситуаций путем сведения вероятностных оценок схода лавин к шкале лавиноопасных ситуаций. Для этого сначала были выявлены статистически значимые группы предикторов, для них была проведена классификация лавиноопасной ситуации при помощи дискриминантного анализа. Это позволило

четко выявить «незначительную» и «очень большую» лавинную ситуацию. Далее с помощью графика были выявлены остальные классы лавиноопасной ситуации.

Литература: 1. *Аварии* и катастрофы. Предупреждение и ликвидация последствий. Кн. 1 /Под ред. Е.Е. Кочеткова и др. М., 1995. 2. *Канев Л.А.* Научные и методические основы обеспечения лавинной безопасности. Автореф. дисс. на соиск. уч. степени доктора геогр. наук. Ташкент. 1992. 3. *Buser O., Fyhn, P., Gubler W., Salm B.* Different methods for the assessment of avalanche danger. Cold. Reg. Sci. Technol., 1985. 10 (3). P. 199-218. 4. *Rapin F.* A new scale for avalanche intensity. International Snow Science Workshop, 2002. Vol.2. P.103-110. 5. *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., 25, 92. P. 315–346, 1980. 6. *Mohanty U.C. and Dimri A.P.* Location-specific prediction of the probability of occurrence and quantity of precipitation over western Himalaya. *Weather Forecast*, 2004. 19. P. 420–429.

Поступила в редколлегию 12.11.2006

Рецензент: д-р техн. наук, проф. Сироджа И.Б.

Дяченко Олеся Николаевна, аспирант кафедры информатики ХНУРЭ. Адрес: Украина, 61166, Харьков, пр. Ленина, 14, тел.: 8 (057) 702-15-15, e-mail: kuzy@kture.kharkov.ua.

Кузмин Александр Яковлевич, канд. техн. наук, проф. кафедры информатики ХНУРЭ. Адрес: Украина, 61166, Харьков, пр. Ленина, 14, тел.: 8 (057) 702-15-15, e-mail: kuzy@kture.kharkov.ua.

Ляшенко Вячеслав Викторович, с.н.с. кафедры информатики ХНУРЭ. Адрес: Украина, 61166, Харьков, пр. Ленина, 14, тел. 8(057) 702-15-15, e-mail: kuzy@kture.kharkov.ua.