

УДК 614.8.043

МЕТОДИКА ОЦЕНКИ УРОВНЯ ОПАСНОСТИ ГОРНОЛЫЖНЫХ ТРАСС С ПРИМЕНЕНИЕМ НЕЧЕТКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

Замирец О. О., Андреев С. М., Бутенко О. С.

***Национальный аэрокосмический университета им. Н.Е.Жуковского «ХАИ»
E-mail: OZ-Lelya@meta.ua***

В статье описана методика оценки уровня опасности горнолыжных трасс горного массива Карпаты, Ивано-Франковская область, с применением нечеткого моделирования.

Ключевые слова: нечеткая логика, горнолыжные трассы, геоинформационные технологии.

ВВЕДЕНИЕ

Курорт «Буковель» является популярным не только в Украине, но и далеко за ее пределами, его еще называют горнолыжной столицей Украины, так как этому способствуют уникальное месторасположение, благоприятный горный климат и многочисленное количество мест размещения туристов.

Каждый год Буковель посещают тысячи туристов – лыжников с разным уровнем подготовки. Около 20% туристов получают серьезные травмы именно из-за некорректно классифицированных горнолыжных трасс. При классификации склонов было уделено внимание в основном только перепаду высот. Но этого фактора мало для полной безопасности лыжников – новичков. Таким образом, оценка уровня опасности горнолыжных трасс курорта «Буковель» является актуальной ГИС задачей на сегодняшний день, решение которой может в дальнейшем повлиять на уменьшение травматизма на горнолыжных курортах.

При оценке уровня сложности склонов горнолыжного курорта Буковель были выбраны следующие факторы: перепад высот, уровень опасности, количество людей на склоне. Так как в факторах количество людей и уровень опасности присутствует неопределенность, которая затрудняет или даже исключает применение точных количественных методов и подходов, особенно полезным является применение нечеткого моделирования.

1. ИЗЛОЖЕНИЕ ОСНОВНОГО МАТЕРИАЛА

Отсутствие четких определений уровня сложности горнолыжных трасс, а также количество травматизма на горнолыжных курортах привело к необходимости построения математических моделей принятия решений в условиях неопределенности.

Для формального представления эмпирических знаний об оценивании уровня сложности трасс в зависимости от факторов (перепад высот, уровень опасности,

количество людей) была создана база правил систем нечеткого вывода, которая использует правила нечетких продукций.

Были введены следующие обозначения - K – уровень сложности горнолыжных трасс, является выходной лингвистической переменной с качественными заключениями: L “начальный уровень”, M “средний уровень”, H “продвинутый уровень” трассы:

$$K = \{L, M, H\}.$$

В качестве входных параметров рассмотрены лингвистические переменные вида:

1. K_E – уровень сложности трассы в зависимости от перепада высот;
2. K_I – уровень сложности трассы в зависимости от опасных участков на склоне (повороты, лед, ширина трассы);
3. K_P – уровень сложности трассы в зависимости от количества людей.

Для оценки значений всех лингвистических переменных использовались такие шкалы: шкала – слабый, средний, высокий уровень.

Присвоенные значения множеств L – легкая, M – средняя, H – сложная трасса для каждой переменной K_P , K_I , K_E . База правил нечетких продукций представлена 27 правилами нечетких выводов вида:

$$R_1 : \text{if } K_E \text{ is } L \ \& \ K_I \text{ is } L \ \& \ K_P \text{ is } L \text{ then } K \text{ is } L$$

...

$$R_{27} : \text{if } K_E \text{ is } H \ \& \ K_I \text{ is } M \ \& \ K_P \text{ is } L \text{ then } K \text{ is } H.$$

В качестве метода агрегирования использовалась операция $\min$ -конъюнкции:

$$\mu_C(x) = \min\{\mu_A(x), \mu_B(x)\} \quad (\forall x \in X). \quad (1)$$

2. ФАЗЗИФИКАЦИЯ ВХОДНЫХ ПЕРЕМЕННЫХ

Под фаззификацией понимается не только отдельный этап выполнения нечеткого вывода, но и собственно процесс или процедура нахождения значений функций принадлежности нечетких множеств (термов) на основе обычных (не нечетких) исходных данных.

В качестве входных параметров были взяты крутизна – 32%, уровень опасности – 70%, кол-во людей – 33%, на примере горнолыжного склона №1В. В результате анализа графиков выявлены активные продукционные правила со степенью истинности отличной от нуля: $R_4, R_5, R_8, R_9, R_{12}, R_{13}, R_{24}, R_{25}$ (рис. 1).

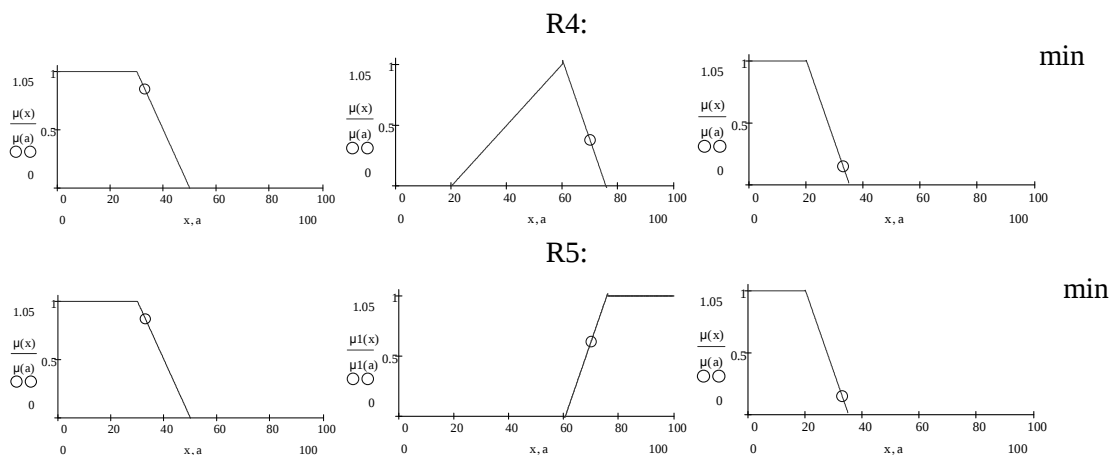


Рис. 1. Пример фаззификации входных лингвистических переменных.

При активации подзаключений нечетких правил применялся метод минимум - активации:

$$\mu'(y) = \min(c_i, \mu(y)). \quad (2)$$

Результат аккумуляции представлен на графике функций принадлежности выходной переменной К (рис. 2).

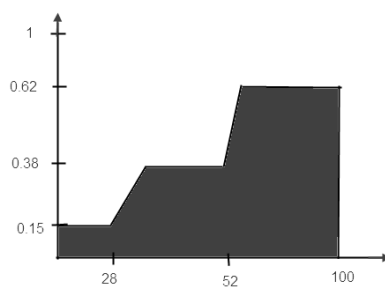


Рис. 2. График аккумуляции заключения для выходной лингвистической переменной К.

Количественное значение сложности склона $y=60.2\%$ выполнено по дефаззификации выходных переменных по методу центра тяжести:

$$y = \frac{\sum_{i=1}^n x_i \cdot \mu(x_i)}{\sum_{i=1}^n \mu(x_i)}. \quad (3)$$

3. КЛАССИФИКАЦИЯ ГОРНОЛЫЖНЫХ ТРАСС

После дефазификации выходных переменных по методу центра тяжести для всех склонов горнолыжного курорта Буковель был количественно оценен уровень сложности трасс. В соответствии со значением полученного коэффициента сложности была проведена классификация горнолыжных трасс.

Классификация проводилась по следующему принципу: 0 – 27 % - легкая трасса (голубой цвет), 28 – 52 % - средняя трасса (красный цвет), 53 -100 % - сложная трасса (черный цвет).

Полученные расчетным путем оценки уровня сложности склонов и результаты их классификации представлены в табл. 1.

Таблица 1

Результат классификации трасс по уровню сложности

Трасса №	Оценка, %	Сложность			Трасса №	Оценка, %	Сложность		
		Исх.		Рез.			Исх.		Рез.
1A	65.28				12D	31.6			
1B	60.2				13A	35.9			
1C	29.6				13B	33.73			
2A	53.7				13C	30.9			
2B	25.35				13E	23.76			
5A	50.8				14	27.5			
5B	31.6				15A	48.8			
5H	44.9				15B	47.3			
5G	44.5				15C	38.6			
7	20.5				15D	39.6			
8A	32.24				16A	23			
8B	26.5				16B	57.6			
8C	31.6				16C	47.3			
11D	54				16D	45.6			
12A	37				16E	38.11			
12C	28.76				22B	47.6			

В качестве результата была построена карта горнолыжных трасс курорта «Буковель» Ивано-Франковской (рис. 3).

THE METHOD OF EVALUATION OF DANGER LEVEL ON SKI SLOPES USING FUZZY MODELLING

Zamirets O. O., Andreev S. M., Butenko O. S.

National aerospace university named after N.E. Zhukovsky "KhAI"

E-mail: OZ-Lelya@meta.ua

The Theory of Fuzzy Logic was first raised by the mathematician Lotfi A. Zadeh in 1965. This Theory is a response to the insufficiency of Boolean Algebra to many problems of the real world. Most of the information in the real world is imprecise, and one of humans' greatest abilities is to effectively process imprecise and "fuzzy" information.

Fuzzy logic is a form of multi-valued logic derived from fuzzy set theory to deal with reasoning that is approximate rather than precise. In contrast with binary sets having binary logic, also known as crisp logic, the fuzzy logic variables may have a membership value of not only 0 or 1. Just as in fuzzy set theory with fuzzy logic the set membership values can range (inclusively) between 0 and 1, in fuzzy logic the degree of truth of a statement can range between 0 and 1 and is not constrained to the two truth values as in classic propositional logic. And when linguistic variables are used, these degrees may be managed by specific functions, as discussed below.

Recently, fuzzy modelling has been one of the most active areas of applied research in the field of management and decision making. Many GIS problems can be solved by using fuzzy logic in the absence of clear definitions of some parameters.

In the last years, fuzzy logic was implemented successfully in various GIS processes. The most important implementations were made in the fields of classification, analysis, data collection and in remote sensing.

Every year thousands of skiers visit resort Bukovel with different skill level. About 20% of them get serious injuries because of incorrectly classified slopes. In the classification of slopes, experts paid attention to only height elevation. But this factor is not good enough for full protection the beginners from injuries.

Thus, evaluation of danger level on ski slopes "Bukovel" is an actual GIS problem today, the solution of which may affect the reduction of accidents at ski resorts in the future.

The absence of clear definition of danger level of ski slopes and the number of injuries at ski resorts has led to the necessity of decision making mathematical models construction under uncertainty. In assessing the difficulty level of ski slopes the following factors were selected: height elevation, the danger level, the number of people on the slope.

For formal presentation of the empirical knowledge of estimating the danger level of slopes, depending on factors, the rules basis of fuzzy inference systems have been formed using fuzzy production rules.

To compare the results the minimum-operation of conjunction was used as a method of aggregation, then the fuzzification and the accumulation of values were done. Quantitative value of the danger level of slope was made by defuzzification of output parameters using the method of center gravity.

The developed method of evaluation of danger level on ski slopes can be used for slope classification in Ukraine and abroad, as well as for solving other GIS problems in tourism.

Keywords: fuzzy logic, ski slopes, geoinformation technologies.

References

1. Blumyn S., Shuykova I. Models and methods of decision making in the absence of clear definition, 138 p. (Lipetsk, 2001).
2. Leonenkov A. Fuzzy modeling in Matlab software, 725 p. (Saint – Petersburg, 2005).

Поступила в редакцию 18.04.2013 г.