

ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА АНАЛИЗА ИЕРАРХИЙ ДЛЯ ОЦЕНКИ СТЕПЕНИ ОПАСНОСТИ РЕКРЕАЦИОННЫХ ТЕРРИТОРИЙ

Н.В. Трофимова;

А.А. Мельник, кандидат технических наук, доцент.

Сибирская пожарно-спасательная академия – филиал

Санкт-Петербургского университета ГПС МЧС России

В работе рассмотрена возможность применения метода анализа иерархий для решения задач оценки опасности рекреационных территорий. В качестве объекта исследования выступает горно-таежная местность природного парка «Ергаки», Красноярский край.

Ключевые слова: метод анализа иерархий, природные риски, туристическая деятельность

APPLICATION OF THE ANALYTICAL HIERARCHY PROCESS FOR DANGER ASSESSMENT RECREATIONAL TERRITORIES

N.V. Trofimova; A.A. Melnik. Siberian fire and rescue academy – the branch of the Saint-Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia

The paper considers the possibility of using the analytic hierarchy process for solving risk assessment of the recreational territory. As the object of research is the highland taiga natural park «Ergaki», Krasnoyarsk Region.

Keywords: analytic hierarchy process, natural risks, tourism activities

При решении задач оценки рекреационных территорий возникает сложность, выражаемая в слабой формализации исходных данных, неопределенности оценок, отсутствии в отечественной практике решений проблемы комплексного зонирования территорий по степени опасности [1]. Задача оценки степени опасности рекреационной территории для ведения туристической деятельности сводится к определению факторов, негативное воздействие которых является причиной травматизма при занятиях тем или иным видом туристической деятельности (факторы опасности территории) и факторов, ограничивающих это негативное воздействие посредством применения превентивных мер по обеспечению безопасности данной территории (факторы обеспечения безопасности). Для ее решения необходимо определить оценочные показатели факторов и их удельный вес в комплексном показателе степени опасности территории [2].

Подобного рода задачи являются слабоструктурированными, поскольку факторы, которые необходимо учесть в решении, являются несоизмеримыми и не имеют явного количественного выражения. Для таких задач характерно отсутствие методов решения на основе непосредственных преобразований данных. Постановка задач базируется на принятии решений в условиях неполной информации, для решения которых используются методы экспертных оценок [3].

Метод анализа иерархий (МАИ) позволяет формализовать слабоструктурированные задачи посредством систематизации и иерархического представления факторов, определяющих сущность решаемой задачи путем декомпозиции этих факторов на частные показатели, поддающиеся количественному выражению. Интенсивность влияния частных показателей на решение поставленной задачи выражается посредством парных суждений о важности критериев и присвоении им соответствующих весовых коэффициентов [4]. МАИ позволяет представить комплексные показатели, характеризующие опасность и обеспечение безопасности территории в виде иерархической структуры. На нижнем уровне иерархии представлены

частные критерии, для которых существуют объективные численные характеристики. На верхнем уровне располагаются факторы, определяющие степень опасности (безопасности) территории. Механизм композиции удельного вклада этих факторов включает в себя оценку вклада каждого критерия в зависимости от весовых коэффициентов, присваиваемым связям в иерархии. Иными словами, построенная иерархия в МАИ – это ориентированный граф, в вершинах которого лежат оцениваемые критерии, а весовые коэффициенты дуг определяют конечные оценки комплексных показателей.

На первоначальном этапе была проведена декомпозиция факторов опасности и обеспечения безопасности территории с целью получения набора критериев, числовые значения которых являются мерой оценки комплексного показателя степени опасности рекреации для ведения туристической деятельности (рис. 1). Для определения критериев использован системный подход, при котором каждый из факторов (опасности территории и обеспечения безопасности) рассматривается как совокупность критериев, определенным образом характеризующих фактор. Критерии имеют атрибуты, определяющие удельный вес в общей оценке данного фактора.

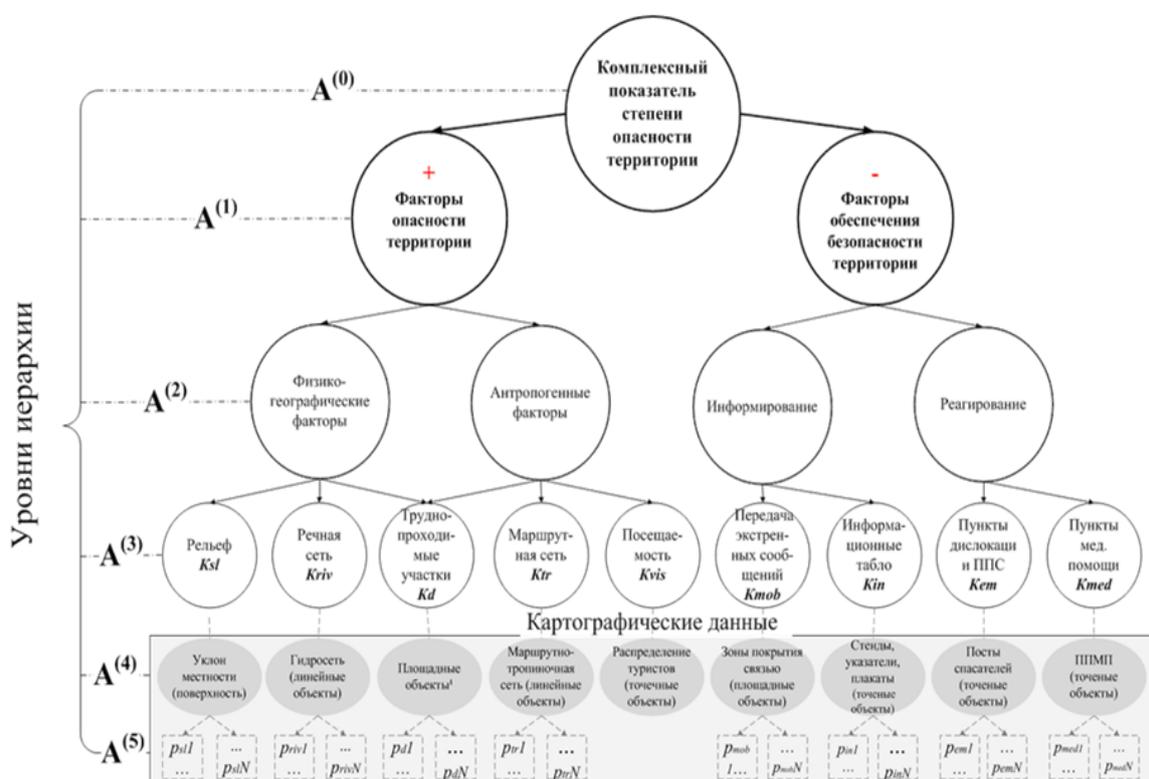


Рис. 1. Структурная схема иерархии оценки комплексного показателя степени опасности горно-таежной местности

В общем виде схема декомпозиции описывается функцией:

$$\{f(x, y)\} \rightarrow A^{(n)}$$

где $f(x, y)$ – множество пространственно-распределенных критериев оценки степени опасности территории, с координатами x и y ; $A^{(n)}$ – n -уровневая декомпозиция, устанавливающая правило предпочтительности выбора критериев, необходимых и достаточных для адекватной оценки степени опасности территории.

Глубина декомпозиции факторов определяется пространственным распределением критериев по территории исследования.

На вершине иерархии $A^{(0)}$ расположена цель исследования – оценка комплексного показателя степени опасности рекреационной территории для ведения туристической деятельности.

На первом уровне декомпозиции $A^{(1)}$ представлены факторы опасности и безопасности территории, характеризующие в общем виде степень опасности рекреации.

На втором уровне иерархии $A^{(2)}$ проведена декомпозиция факторов:

– обеспечение безопасности территории характеризуется наличием параметров информирования о возможных опасностях данной территории и оперативностью реагирования при возникновении происшествия;

– опасность территории характеризуется набором природно-климатических, физико-географических и антропогенных параметров опасности, оказывающих негативное воздействие на туристов.

На третьем уровне декомпозиции $A^{(3)}$ определены критерии, позволяющие количественно оценить параметры информирования и реагирования [5], являющиеся характеристикой факторов безопасности территории, и оценочные критерии, наиболее полно описывающие физико-географические и антропогенные параметры с позиции травматизма по характерным для данной местности видам туристической деятельности.

Для определения критериев физико-географических и антропогенных параметров опасности горно-таежной местности проведен статистический анализ туристического травматизма. Использованы как литературные данные [6, 7], так и отчетные материалы поисково-спасательных операций, выполненных Сибирским региональным центром спортивной подготовки и реабилитации спасателей [8].

В результате было получено девять критериев, позволяющих дать количественную оценку степени опасности рекреационной территории для ведения туристической деятельности: уклон местности, плотность распределения речной сети, плотность распределения труднопроходимых участков, плотность распределения маршрутной сети, плотность распределения туристов, распределение зон покрытия территории мобильной связью, плотность распределения информационных указателей, плотность распределения постов спасателей, плотность распределения пунктов первой медицинской помощи.

Для визуализации результатов оценки территории решается задача зонирования территории по степени опасности. Для решения этой задачи на четвертом уровне иерархии $A^{(4)}$ представлены картографические эквиваленты критериев оценки территории по степени опасности.

На пятом уровне иерархии $A^{(5)}$ представлены атрибуты картографических эквивалентов оценочных критериев, которые представляют собой качественные или количественные свойства или характеристики пространственно-распределенных по территории критериев оценки. Удельный вес атрибутов определен экспертным путем.

Для интерпретации значимости критериев были рассчитаны их весовые коэффициенты. Весовые коэффициенты были вычислены экспертным путем, используя метод попарного сравнения [2]. В оценке значимости критериев принимали участие 16 экспертов, являющиеся сотрудниками Сибирского регионального поисково-спасательного отряда МЧС России, непосредственно принимающие участие в организации и проведении поисково-спасательных работ. В результате анализа составлена усредненная матрица парных сравнений суждений о значимости критериев оценки степени опасности рекреационной территории для ведения туристической деятельности (рис. 2).

Максимальное собственное значение матрицы $\lambda_{\max} = 10,17$. Индекс согласованности матрицы суждений $\beta = 0,146$. Отношение согласованности $\varepsilon = 0,1000843$ является верхним пределом условия $\varepsilon \leq 0,10$, что позволяет утверждать о приемлемости результатов экспертной оценки суждений попарного сравнения критериев оценки степени опасности рекреационной территории для ведения туристической деятельности.

	K_{tr}	K_{vis}	K_d	K_{sl}	K_{riv}	K_{mob}	K_{em}	K_{in}	K_{med}
K_{tr}	1,00	2,45	0,24	0,33	1,03	0,50	0,27	3,98	5,80
K_{vis}	0,41	1,00	0,14	0,21	0,52	0,28	0,13	1,03	0,52
K_d	4,17	7,00	1,00	0,67	5,10	7,70	8,97	2,96	8,01
K_{sl}	3,00	4,76	1,50	1,00	3,10	1,67	1,48	8,03	8,94
K_{riv}	0,97	1,92	0,20	0,32	1,00	0,50	0,26	2,45	3,12
K_{mob}	2,00	3,57	0,13	0,60	2,00	1,00	0,49	4,02	4,80
K_{em}	3,70	8,00	0,11	0,68	3,85	2,04	1,00	3,10	2,30
K_{in}	0,25	0,97	0,34	0,12	0,41	0,25	0,32	1,00	0,48
K_{med}	0,17	1,92	0,12	0,11	0,32	0,21	0,43	2,08	1,00

Рис. 2. Матрица суждений попарного сравнения критериев оценки степени опасности горно-таежной местности для ведения туристической деятельности

Для иллюстрации удельного веса критериев по группам факторов опасности и обеспечения безопасности рекреационной территории данные представлены на графике (рис. 3). На оси абсцисс (x) – представлены оценочные критерии, агрегированные в группы, в соответствии с иерархией, представленной на рис. 1, а на оси ординат – соответствующие им весовые коэффициенты.

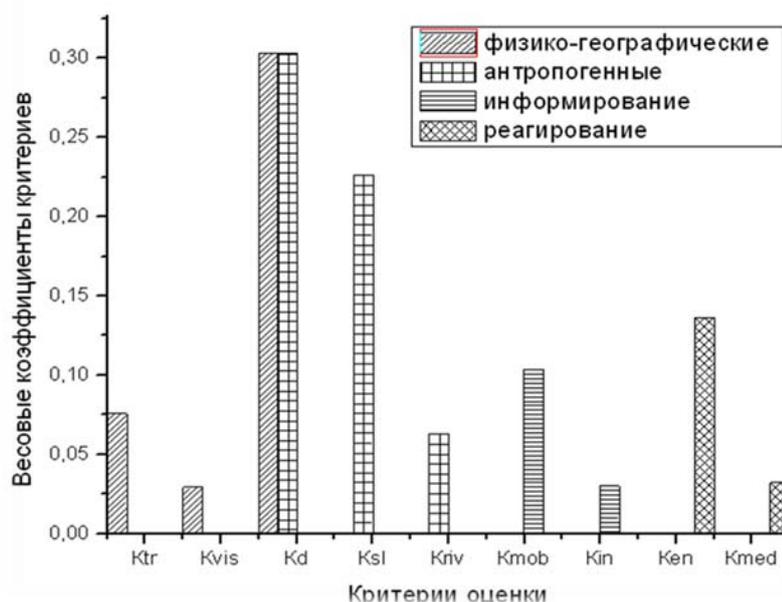


Рис. 3. Удельный вклад критериев и их весовых коэффициентов в совокупную оценку степени опасности горно-таежной местности для ведения туристической деятельности

В соответствии с графиком наибольший вклад в совокупную оценку степени опасности горно-таежной местности вносит критерий K_d – плотность распределения труднопроходимых участков, представленных естественными (физико-географические факторы) и искусственными (антропогенные факторы) препятствиями на туристическом маршруте.

Наиболее действенным фактором обеспечения безопасности горно-таежной местности, по результатам экспертной оценки, является критерий K_{em} – плотность распределения постов спасателей. Таким образом, эффективными мерами снижения степени опасности горно-таежной местности для ведения туристической деятельности являются:

- увеличение количества и плотности распределения постов спасателей в горно-таежной местности, претерпевающей рекреационно-туристическое воздействие;
- оборудование экотроп, минимизирующих проявление труднопроходимых участков маршрута [9].

Для количественного выражения интегральных свойств оценочных критериев посредством скалярной свертки Лапласа [9] получено выражение для расчета комплексного показателя степени опасности рекреационной территории для ведения туристической деятельности:

$$S = \sum_{i=1}^n K_i \times w_i ,$$

где K_i – i -ый критерий оценки; w_i – соответствующий ему весовой коэффициент; $i = (1, 2, \dots, n)$, $n=9$ по числу критериев.

Для учета баланса между факторами опасности и факторами обеспечения безопасности горно-таежной местности критерий Лапласа был модифицирован. Используя данное выражение, можно произвести количественную оценку степени опасности рекреационной территории для ведения туристической деятельности, выраженной через комплексный безразмерный численный показатель:

$$S = \sum_{i=1}^n (-1)^r \times K_i \times w_i ,$$

где $(-1)^r$, $r = 2$ – для критериев факторов опасности горно-таежной местности; $r = 1$ – для критериев факторов безопасности горно-таежной местности.

Таким образом, на основании метода анализа иерархий была разработана методика оценки степени опасности территории для ведения туристической деятельности с учетом природно-климатических и физико-географических характеристик местности, особенностей туристической деятельности и готовности сил и средств для проведения поисково-спасательных операций на данной территории.

Литература

1. Mapping of risk for not urbanized territories / N.V. Trofimova [et al.] / Proceeding 14 GeoConference on Informatics, Geoinformatics and Remote sensing. Bulgaria, 2014. Vol. 3. P. 731–736.
2. Trofomova N.V., Nicheporchuk V.V., Gerasimov V.S. Method of territory ranging in terms of the level of danger // Journal of International scientific publications: Ecology and Safety. Burgas, Bulgaria. 2014. Vol. 8. P. 237–248.
3. Ларичев О.И. Теория и методы принятия решений. М.: Логос, 2000.
4. Трофимова Н.В., Мельник А.А., Тихтерев С.А. Информационная поддержка принятия решений по организации поисково-спасательных работ в горно-таежной местности // Проблемы управления рисками в техносфере. 2014. № 2 (30). С. 145–149.
5. Альпинизм / И.И. Антонович [и др.]. Киев: Вища школа, 1981.
6. Учебник спасателя / С.К. Шойгу [и др.]; под ред. Ю.Л. Воробьева. 2-е изд., перераб. и доп. Краснодар: Сов. Кубань, 2002.
7. Развитие туризма в регионах Российской Федерации и некоторые предложения по обеспечению безопасности туристической деятельности / С.П. Чумак [и др.] // Технологии гражданской безопасности. 2012. Т. 9. № 4 (34). С. 24–34.
8. Комов В.В., Орестов Я.И. Тропа в гармонии с природой: сб. российского и зарубежного опыта по созданию экологических троп. М.: Валент, 2007.
9. Воронин А.Н., Зиатдинов Ю.К., Куклинский М.В. Многокритериальные решения: модели и методы. Киев: Национальный авиационный ун-т, 2011. С. 348–356.