

УДК 574:912

АНДРЕЙ ВИКТОРОВИЧ КОРОСОВ

доктор биологических наук, профессор кафедры зоологии
и экологии эколого-биологического факультета ПетрГУ
korosov@psu.karelia.ru

НАТАЛЬЯ СЕРГЕЕВНА ЕЛЕХОВА

студентка 4 курса эколого-биологического факультета
ПетрГУ
korosov@psu.karelia.ru

ГИС-ПРОЕКТИРОВАНИЕ ЭКОЛОГИЧЕСКИХ ТРОП

В статье обсуждаются критерии туристического интереса к территории и технология полуавтоматического проектирования экологической тропы. Предлагаются объективные характеристики местности (биоразнообразие, пейзажи, памятники и пр.) превращать в «индексы желательности» для каждой определенной группы туристов. В качестве полигона послужила территория северной части о. Климецкий Кижского архипелага Онежского озера.

Ключевые слова: ГИС, экологическая тропа, экологический туризм, критерии интереса к территории, биоразнообразие, памятники природы, объекты культурного наследия, индекс желательности, оценка относительной важности, информационный ландшафт

Жизнь становится лучше – и все больше людей тянется к природе. Экологический туризм в его многообразных проявлениях входит штатным пунктом в программы отпусков. Его главная особенность – это отдых в рекреационно привлекательных регионах, мало нарушенных человеческой деятельностью, сохранивших традиционный уклад жизни местного населения [6], [7]. В этой связи задачей тех организаций (музеев, садов, парков, заповедников), которые занимаются культурным природопользованием, становится предоставление качественных услуг в сфере организации экскурсий на природу или исследовательских маршрутов, дающих посетителям интересную и существенную информацию об объектах природы и культурного наследия в яркой форме непосредственного познания.

В качестве полигона для отработки нашей технологии организации экологических экскурсий выбрана территория о. Климецкий, входящая в охранную зону архитектурно-природного музея-заповедника древней деревянной архитектуры «Киж» и заказника «Кижские шхеры».

Природа этого крупнейшего (147 кв. км) из островов Кижского архипелага характерна для всего Заонежья и представляет собой пестрое сочетание естественных (болота, селги, ельники, сосняки), культурных и антропогенных ландшафтов (поля, луга, мелколиственные леса, липняки, вязовые рощи), сформировавшихся на протяжении многовековой истории освоения региона; многочисленны и памятники культурного наследия (каменные гряды, постройки, захоронения) [1].

Одна из наиболее эффективных форм чувственного насыщения природой – экологическая тропа, специально оборудованная территория, где создаются условия для ознакомления с местной природой и культурой [3]. Учитывая множество разнородных критериев (природоохранный, рекреационный, просветительский, научный, коммерческий), которым должна удовлетворять экологическая тропа, подход к ее организации должен быть строго научным, в том числе количественным. В литературе можно обнаружить списки разнообразных требований

к свойствам троп [3], [5], [10], [12], учитывающих организационные мероприятия, эффективность воздействия, нагрузку на природу и особенности разных категорий туристов. Вместе с тем собственно технологический момент: как именно осуществлять прокладку маршрута на местности, в литературе почти не обсуждается.

Для всех этих рекомендаций характерно то, что они предполагают создание ограниченного числа строго определенных троп (маршрутов), снабженных информационными материалами (в форме табличек, плакатов и пр.), и советуют проводить тщательное предварительное исследование и подготовку каждого маршрута. На наш взгляд, в этом просматривается прежний, директивный, а не демократичный метод любого планирования (в данном случае – чужого отдыха). Не лучше ли самим туристам, существенно отличающимся друг от друга, позволить планировать себе экологическое приключение?

Сформулируем проблему конкретнее: нельзя ли создать серию или сеть экологических троп на определенной территории, для которых маршрут следования будут выбирать сами туристы, а не штатные (незаинтересованные) организаторы их отдыха? Чтобы не оказаться в местах неинтересных или просто опасных, обо всей рекреационной территории должна быть накоплена разнообразная объективная информация. На этой основе сами отдыхающие могут осуществлять выбор интересного маршрута по своим силам.

Рисуется следующая технологическая цепочка создания экологической тропы: организация сбора и накопления объективных данных о природе рекреационной территории, создание системы критериев для выбора желательных мест посещения, работа с каждой группой туристов над маршрутом, наиболее интересным для них, создание карты «ландшафт приоритетных территорий», прокладка по карте маршрута новой экологической тропы с учетом прежних коммуникаций, ранее созданных троп и по бездорожью, исследование нового маршрута на местности, выбор окончательного маршрута, прохождение тропы туристами, дополнение генеральной базы данных ГИС, дополнительное обустройство популярных троп (мостки, кемпинги, плакаты, буклеты), мониторинг за состоянием природы в местах прохождения троп. В итоге на территории сформируется целая сеть экологических троп, учитывающих интересы самых разнообразных групп туристов.

Цель данной работы состоит в создании информационной технологии разработки проекта экологической тропы.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Полевые исследования проводились в июле 2007 года и в мае 2008 года в северной части о. Климецкий Онежского озера в охранный зоне музея-заповедника «Кижский» и на территории заказника «Кижские шхеры» (рис. 1).



Рис. 1. Место проведения исследований

На маршрутах, прокладываемых с помощью навигатора GPS, отмечали места пересечения границ разных биотопов. Биотоп здесь понимается в широком (зоологическом) смысле слова как местообитание и примерно соответствует формации (группе фитоценозов или ассоциаций, сходных по эдификаторам); всего описано 60 биотопов. В ключевых точках регистрировали 80 характеристик природного и культурного окружения, сведенных в 7 групп:

деревья – наличие одной из 14 пород (береза ср., ольха серая и черная, осина, рябина, черемуха, крушина, ива ср., жимолость, вяз, ель, сосна, можжевельник; балл 0 или 1),

травы (49 видов травянистых растений; балл 0 или 1),

возраст фитоценоза (баллы 1 (0–50 лет), 2 (50–100), 3 (более 100 лет): леса – по доминирующим породам, луга и открытые каменные селы оценены баллом 3),

влажность почвы в баллах (болота – 3, заболоченные леса – 2, сырые леса – 1, суходолы – 0),

животные – регистрация встреч особей разных видов или их следов (медведь, барсук, лось, кабан, заяц, белка, дятел, тетерев-косач, рептилии, амфибии; балл 0 или 1),

дороги – наличие дороги в данном квадрате площадью 1 га (балл 0 или 1),

памятники культурного наследия (старые постройки, ровницы и каменные гряды, старые кладбища, захоронения партизан; балл 0 или 1).

На текущем этапе разработки принципов ГИС-проектирования экологических троп мы не предъявляли высоких требований к исходным данным, ограничиваясь глазомерной оценкой, преследующей целью не детальность исследования, но широкий охват наблюдаемых территорий. По этой причине из рассмотрения были исключены такие компоненты природы, как, например, геологические образования, удаленность от побережья, певчие птицы и пр. На наш взгляд, это оправдано на рекогносцировочном этапе разработки троп. В дальнейшем следует существенно уточнить геолого-географическую характеристику территории, а также видовой состав растений

и животных в процессе специальных геоботанических съемок и учетов численности.

Обработка собранных данных проводилась с помощью программ Excel и MapInfo.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Выполняя задачу построения технологической цепочки полуавтоматического создания проекта экологической тропы, следует последовательно рассмотреть пройденные нами этапы на конкретном материале.

Создание баз данных

Описания природы в ключевых точках использованы для дешифрирования космо- и аэрофотоснимков [9]. В результате была получена карта основных 15 типов местообитаний: низинное болото, сосняк сфагновый, сосняк-зеленомошник, сосняк лишайниковый, открытая сельга, смешанные хвойно-мелколиственные леса (елово-осиновые), спелые и старые лиственные березово-осиновые леса, лиственные молодняки (ольшаники, черноольшаники и березняки), луга, альвары (всего выявлено 208 биотопов, рис. 2).

Вся собранная информация была организована в серию баз данных (рис. 3), причем ботанические характеристики, полученные для 60

описанных биотопов, были экстраполированы на выделы того же типа, выявленные при дешифрировании снимков.

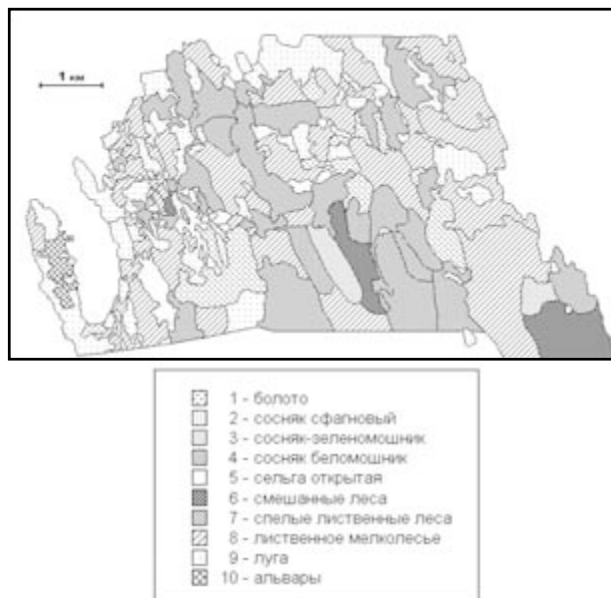


Рис. 2. Основные группы биотопов в северной части о. Климецкий

	А	В	С	Д	Е	Ф	Г	Н	І	Ј	К	Л	М	Н	О
1	НПП	Биотоп	Порода	бер	ольс	ольч	сосн	осин	ряб	черем	мож	жим	вяз	ель	ива
62	61	луг		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
63	62	низинное прил		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
64	63	ольшаник	ольха се	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
65	64	луг	рябина	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
66	65	ольшаник	ольха се	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
67	66	луг		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
68	67	луг		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
69	68	деревня Лахт		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
70	69	луг		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
71	70	ольшаник	ольха се	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
72	71	березняк с по	береза,р	1	0	0	0	0	1	0	1	1	0	1	0
73	72	березняк	берёза	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Рис. 3. Фрагмент базы данных встречаемости древесных растений (лист Excel «значения!»)

Базы данных были организованы в форме географической информационной системы – многослойной электронной карты, в которой каждый слой соответствует своему типу объектов, представленных в электронных базах данных (получено всего 7 слоев карт и 7 баз данных). Кстати отметим, что эта работа должна вестись постоянно и после завершения предварительного исследования, поскольку любое посещение природы будет доставлять новые данные, на основе которых можно дополнить старые базы и создать новые слои общей карты. В число таких компонентов ГИС могут быть со временем добавлены, например, показатели «эстетический ландшафт» (локализация красивых

пейзажей), археологические находки, памятники природы, места отдыха известных людей и пр.

Обобщение данных

Полученную объективную информацию предстояло объединить для совместного анализа. Выбор мест прохождения экологического маршрута требует учета всех свойств конкретной небольшой территории. Обычно в экологических исследованиях единицей объединения ботанической, зоологической, геологической и прочей информации о территории является фитоценоз или группа фитоценозов (формация) [4]. В нашем случае проблема состоит в том, что

разнородные слои информации взаимно не коррелируют. Одинаковые типы биотопов будут в разной степени привлекательны для туристов, поскольку расположение памятников культурного наследия, дорог, следов животных ассоциируется не с типами биотопических выделов, но с историей заселения территории и деградации этих поселений за последние 100 лет, с близостью к берегу озера и человеческому жилью.

Анализируя это противоречие, мы пришли к выводу, что в выборе пространственной единицы для объединения информации о среде следует ориентироваться на способности человека (туриста) – возможность одним взором охватить окрестную территорию, выбрать для себя интересные объекты и подойти к ним. Поле зрения вокруг точки наблюдения простирается до 30 км на акватории, сотен метров на лугу, 10–70 метров в лесу. Можно считать, что турист в состоянии хорошо зрительно ориентироваться на участке суши размером 100×100 м.

Исходя из этих соображений, карта изучаемой территории была разбита на 1147 квадратных выделов площадью 1 га (рис. 4).

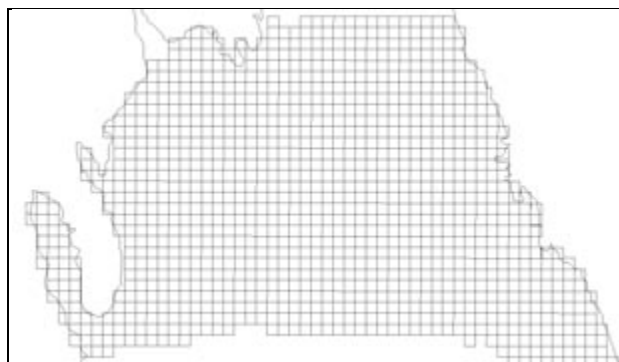


Рис. 4. Разбиение изучаемой территории на сеть квадратных выделов 100 на 100 м

Далее с помощью стандартных операций в среде ГИС (Excel и MapInfo) каждой квадратной площадке изучаемой части острова была приписана строчка в общей базе данных, несущая все 80 характеристик природной и культурной среды той территории, которая оказалась «накрытой» данной площадкой. Дальнейшая работа велась с этой общей базой объективных натуральных данных.

Построение индексов желательности

Рассмотренные выше объективные данные могут быть получены разными наблюдателями по известным методикам и поэтому в целом не зависят от их точки зрения (варьирует лишь репрезентативность и точность наблюдений). В то же время, для разных категорий туристов одни и те же сведения могут иметь разное, порой прямо противоположное значение. Так, для

исследователей леса интересны высокие значения показателя «сомкнутость крон» (30–70%), а для любителей луговых цветов предпочтительнее отсутствие деревьев, то есть низкие показатели (0–20 %).

В качестве меры значимости любого объективного показателя для определенной категории наблюдателей служат относительные характеристики. Широко известна функция желательности Е. Харрингтона [2], построенная на основе логарифмической формулы $d = e^{-e^{-x}}$. При ее практическом использовании предварительно назначают несколько ключевых значений желательности, соответствующих оценкам качества объекта. Рекомендуются значения $d = 0.2$ приписывать оценке «неудовлетворительно», 0.37 – «удовлетворительно», 0.63 – «хорошо», 0.8 – «отлично». Проводя наблюдения (или анализируя объективные характеристики в базе данных), качество объекта оценивают, исходя из этой принятой шкалы с точки зрения данной группы наблюдателей. Например, с позиций любителей леса и луга можно построить следующее соответствие показателей сомкнутости крон и значений желательности (табл. 1). Любители леса назначают максимальный балл самому дремучему лесу (> 60 %), любители луга – его отсутствию (0 %).

Таблица 1

Приоритеты двух групп туристов
в отношении показателя
«Сомкнутость крон»

Группа	Сомкнутость, %			
	0.2	0.37	0.63	0.8
«Лесники»	< 40	50	60	> 60
«Луговики»	> 20	20	10	0
Критические значения желательности (d)	0.2	0.37	0.63	0.8

Оценки желательности, назначенные по объективным показателям, естественно, не могут повысить точность характеристик объектов, у них иное предназначение. Во-первых, значения желательности позволяют в однотипных величинах (в пределах 0–1) выразить отношение туристов к существенно разным характеристикам объектов природы – качественным, балльным, количественным, то есть привести все показатели к единой количественной шкале. Важно, что в этой однотипной шкале выражаются разные отношения разных групп туристов к одним и тем же объектам природы. Во-вторых, значения желательности доступны для арифметической обработки даже в том случае, если исходные признаки выражались баллами или словесно характеризовали качества объектов. Дело в том, что шкала желательности выражает новое свойство – отношение людей к зарегистрированным объективным свойствам объектов природы, то есть превращается в шкалу отношений

[8], к которой применимы все арифметические действия. Эти моменты важны для построения единой процедуры вычисления предпочтений, которая не меняется при смене требований к маршруту у разных групп туристов.

Для автоматизации компьютерного перевода объективных показателей в значения функции желательности в среде Excel эти преобразования могут быть выражены в виде формул перехода по условию (функция ЕСЛИ). Объективные данные помещаются на один лист книги Excel, значения ключевых точек – на второй, а на третий лист (или на нижнюю часть второго листа) вводятся формулы для определения значений желательности, которые используют значения первых двух блоков информации (с помощью соответствующих ссылок) (рис. 5). В примере факт встречи следов животных на площадке, выраженный числом 1, задан максимальным значением желательности, отсутствие встречи – минимальным. Желательность встречи следов разных животных не одинакова; для медведя она оценена максимальным значением $d = 0.9$, для барсука – 0.8,

для белки – 0.5. Приведенная на рис. 5 формула =ЕСЛИ(значения!BQ90=0,желательность!BS\$2, желательность!BS\$3) сопоставляет значение из базы объективных данных (лист «значения!») с критической величиной 0, и в зависимости от наблюдений на выходе выдает заданную величину желательности (в ячейках BS\$2 и BS\$3 листа «желательность!»). Как видно на рис. 5, на площадке номер 88 были встречены следы медведя и погрызы зайца, отмеченные высокой желательностью. Минимальные значения желательности (при отсутствии встреч животных) были приняты довольно высокими (0.3–0.4) с тем, чтобы единичные встречи отдельных видов не могли резко повлиять на величину интегральной желательности (см. ниже). В дальнейшем значения встречаемости должны быть заменены на показатели плотности населения животных, характеризующие вероятность встретить следы (или особей) разных видов. В этом случае критические точки функции желательности могут быть заданы более контрастно, включить весь диапазон от 0 до 1.

	A	BR	BS	BT	BU	BV	BW	BX	BY	BZ	CA	CB	
1	Баллы	Значения функции желательности											
2	0	0.3	0.4	0.4	0.3	0.3	0.3	0.4	0.4	0.4	0.4		
3	1	0.9	0.8	0.8	0.8	0.5	0.5	0.6	0.6	0.8	0.5		
4	2												
5	3												
6	4												
7	5												
8	НПП	медведь	барсук	лось	кабан	заяц	белка	косач	дятел	гадюка	лягушка	ИнтегрЖн	
95	87	0.3	0.4	0.4	0.3	0.3	0.3	0.4	0.4	0.4	0.4	0.346	
96	88	0.9	0.4	0.4	0.3	0.5	0.3	0.4	0.4	0.4	0.4	0.424	
97	89	0.3	=ЕСЛИ(значения!BQ90=0,желательность!BS\$2,желательность!BS\$3)									0.4	0.346
98	90	0.3	0.4	0.4	0.3	0.3	0.3	0.4	0.4	0.4	0.4	0.346	
99	91	0.3	0.4	0.4	0.3	0.3	0.3	0.4	0.4	0.4	0.4	0.346	
100	92	0.3	0.4	0.4	0.3	0.3	0.3	0.4	0.4	0.4	0.4	0.346	
101	93	0.3	0.4	0.4	0.3	0.3	0.3	0.4	0.4	0.4	0.4	0.346	

Рис. 5. Расчет значений желательности встречи животных и их следов (лист Excel «желательность!»)

Важно отметить, что предложенная организация данных позволяет легко изменять приоритеты тех или иных качеств объектов наблюдения (значения желательности в ключевых точках); при этом не требуется менять структуру данных и формулы при назначении приоритетных свойств разными группами туристов. Для расчета значений желательности, соответствующих этим разным требованиям, достаточно изменить ключевые значения на втором листе расчетов (в шапке второго листа), заменив значения функции желательности, соответствующие объективным переменным (в примере эти значения расположены в строках 2–7).

Для характеристик среды, выраженных большим числом значений, используются все ключевые точки функции желательности. Соответственно, логические формулы усложняются. Например, формула перевода пятибалльной шкалы

показателя «влажность» в значения желательности выглядит так (рис. 6, формула из ячейки C169 листа «желательность!»):

=ЕСЛИ(значения!CD162=A\$2,C\$2,ЕСЛИ(значения!CD162=A\$3,C\$3,ЕСЛИ(значения!CD162=A\$4,C\$4,ЕСЛИ(значения!CD162=A\$5,C\$5,0))))).

В организационном плане одна из важнейших задач построения экологического маршрута – это собеседование с туристами и назначение критических уровней желательности для принятых качественных, балльных или количественных шкал объективных показателей. В нашем случае проводилось собеседование с молодыми людьми, не имеющими биологического образования.

После назначения критических уровней значения желательности во всей базе автоматически пересчитываются. Для некоторых характеристик из нашего примера значения желательности приведены на рис. 5 и 6. Всего задано 80 шкал, на

основании которых были рассчитаны значения желательности для всех изученных показателей. В этой таблице каждая строка желательности соответствует отдельному квадратному выделу, каждый из которых оценен по 80 признакам.

	А	С
1	Баллы	
2	0	0.8
3	1	0.63
4	2	0.37
5	3	0.2
6	4	
7	5	
8	НПП	ИнтегрВлажность
167	159	0.63
168	160	0.63
169	161	0.8
170	162	0.2
171	163	0.63

Рис. 6. Расчет значений желательности для показателя влажности почвы в ячейке С169: =ЕСЛИ(значения!CD162=A\$2, C\$2, ЕСЛИ(значения!CD162=A\$3, C\$3, ЕСЛИ(значения!CD162=A\$4, C\$4, ЕСЛИ(значения!CD162=A\$5, C\$5, 0))))); формула ссылается на ячейку листа «значения!», на котором значения!CD162=0

Оценка приоритетов групп показателей

Следующим шагом работы должна быть интегральная оценка желательности для каждого участка изучаемой территории, оцененная на основе всех ранее определенных оценок желательности по всем изучаемым признакам. Для этой цели рекомендуется вычисление средней геометрической

$$D = \sqrt[n]{d_1 \cdot d_2 \cdot \dots \cdot d_n} . \quad [2]$$

Такой усредняющий подход в отношении экологических троп мало оправдан, поскольку разные показатели для разных групп туристов могут иметь разную ценность. В частности, наличие дорог гораздо более важно для людей пожилого возраста, чем для молодых людей. Однако желательность дорог может быть оценена этими категориями туристов одинаково высоко, например $d = 0.9$. При простом усреднении приоритетность наличия дорог для пожилых людей никак не будет учтена. Это значит, что в форумы обобщения следует ввести *весовые коэффициенты*, соответствующие степени важности рассматриваемых показателей для данной группы туристов.

Мы предлагаем решать эту проблему в два этапа. Сначала усредняются (по приведенной формуле) показатели сходной природы. В нашем случае были рассчитаны интегральные показатели желательности для семи групп характеристик – деревьев, трав, возраста, влажности животных, дорог, памятников (см. раздел «Материалы и методы»). Например, для 88

площадок по встречам всех видов животных имеем (рис. 5):

$$D = \sqrt[10]{d_1 \cdot d_2 \cdot \dots \cdot d_n} = \sqrt[10]{0.9 \cdot 0.4 \cdot \dots \cdot 0.4} = 0.424.$$

В результате расчета интегральных показателей желательности получена база данных размером 7 (показателей) \times 1147 (площадок) (табл. 2).

На втором этапе разным интегральным показателям назначаются весовые коэффициенты с помощью метода оценки приоритетов Т. Саати и К. Кернса [11], [8]. В соответствии с этой технологией все показатели из некоторого набора попарно сравниваются друг с другом в фокусе определенной проблемы, а результаты сравнения записываются в квадратную таблицу значений *относительной важности показателей*. При сравнении каждой пары значение относительной важности одной характеристики перед другой выражается баллами от 1 до 9, а значение важности второй характеристики относительно первой оценивается обратной величиной (табл. 3).

В нашем случае попарно сравниваются друг с другом интегральные оценки желательности семи групп характеристик среды с точки зрения их большей значимости для данной группы туристов (табл. 4). При заполнении данной таблицы выполняется правило: в любую ячейку записывается предпочтение строчных показателей перед показателями в столбце.

Например, для рассматриваемой группы молодых «небиологов» встречи животных или их следов существенно важнее, нежели наличие дороги в данном квадрате. Этому соотношению соответствует балл 5. Соответственно, важность «дорог» относительно «животных» составит $1/5 = 0.20$. Эти значения попадают в таблицу относительной важности на пересечении строк и столбцов, отведенных для данных показателей. Далее полученные оценки важности по каждой строке усредняются с помощью формулы средней геометрической (W_j), значения средних суммируются и затем определяются их доли в общей сумме (p_j). Значения p_j характеризуют относительную важность каждого интегрального по-

Таблица 2

Фрагмент базы интегральных значений желательности (площадки № 86–90)

№	Деревья	Травы	Возраст	Влажность	Животные	Дорога	Памятники
86	0.47	0.80	0.90	0.80	0.35	0.30	0.10
87	0.47	0.80	0.90	0.80	0.35	0.30	0.10
88	0.46	0.33	0.20	0.80	0.42	0.30	0.14
89	0.47	0.80	0.90	0.80	0.35	0.30	0.10
90	0.51	0.33	0.20	0.80	0.35	0.30	0.10

казателя, то есть являются искомыми весовыми коэффициентами для изученных характеристик среды. Существует метод проверки сбалансированности полученных оценок [11].

Следующая процедура состоит в вычислении обобщенных оценок приоритетного интереса к отдельным площадкам по формуле

$$P = p_1D_1 + p_2D_2 + \dots + p_nD_n$$

с использованием значений желательности интегральных показателей (D) и весов их относительной важности (p) (табл. 5).

Таблица 3

Шкала относительной
важности w_i/w_j [11]

Интенсивность важности	Определение	Объяснения
1	Равная важность	Равный вклад двух видов деятельности в цель
3	Умеренное превосходство	Опыт и суждения дают превосходство одного над другим
5	Существенное превосходство	
7	Значительное превосходство	Практически значимое превосходство одного над другим
9	Очень сильное превосходство	
2, 4, 6, 8	Промежуточные решения	Применяются как компромисс
Обратные величины оценок	Если «превосходство» А над Б выражено числом 3, то «превосходство» Б над А получает значение 1/3	

Таблица 4

Относительная важность
характеристик среды

Насколько строка предпочтительнее столбца?									
w_i/w_j	Деревья	Травы	Возраст	Влажность	Животные	Дорога	Памятники	W_j	p_j
Деревья	1	3	7	0.14	3	5	2	1.9	0.20
Травы	0.33	1	7	9	0.25	5	4	1.9	0.21
Возраст	0.14	0.14	1	9	0.14	7	3	0.9	0.10
Влажность	7	0.11	0.11	1	0.11	0.14	0.14	0.3	0.03
Животные	0.33	4	7	9	1	7	5	3.1	0.34
Дорога	0.20	0.20	0.14	7	0.14	1	5	0.6	0.06
Памятники	0.50	0.25	0.33	7	0.20	0.20	1	0.5	0.06
Сумма								9.3	1.0

Таблица 5

Принцип расчета интегральных значений важности для некоторых площадок

	№	Деревья	Травы	Возраст	Влажность	Животные	Дорога	Памятники	P
D	87	0.47	0.80	0.90	0.80	0.35	0.30	0.10	
	88	0.46	0.33	0.20	0.80	0.42	0.30	0.14	
	89	0.47	0.80	0.90	0.80	0.35	0.30	0.10	
p		0.20	0.21	0.10	0.03	0.34	0.06	0.06	
$D \cdot p$	87	0.095	0.167	0.089	0.025	0.116	0.019	0.006	0.518
	88	0.094	0.069	0.020	0.025	0.142	0.019	0.008	0.378
	89	0.095	0.167	0.089	0.025	0.116	0.019	0.006	0.518

Конечным результатом оказывается вектор значений приоритетного интереса P – по одному значению для каждой площадки. Например, для площадки № 88 получаем следующий результат (табл. 2, 5):

$$P = 0.20 \cdot 0.46 + 0.21 \cdot 0.33 + 0.10 \cdot 0.20 + 0.03 \cdot 0.80 + 0.34 \cdot 0.42 + 0.06 \cdot 0.30 + 0.06 \cdot 0.14 = 0.378.$$

Построение картограммы

Рассчитанные значения туристических приоритетов каждой площадки позволяют в среде ГИС построить картограмму, зрительно представляющую их территориальное расположение (рис. 7).

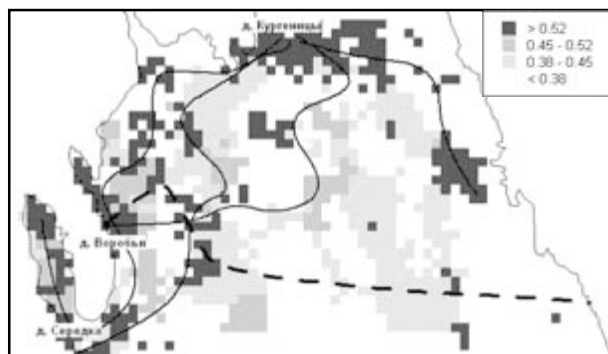


Рис. 7. Картограмма территориального распределения туристических приоритетов в северной части Климецкого острова, расположение перспективных экологических маршрутов для молодых туристов-«небиологов» (сплошные линии) и существующей «директивной» экологической тропы (пунктирная линия)

Такая картограмма для определенной группы туристов является *ландшафтом приоритетных территорий*. В нашем случае наиболее интересны для молодых любителей природы северная и северо-западная части Климецкого острова, где сосредото-

чено наибольшее число лугов, выходы коренных пород (сельги), живописные скальные сосняки и можжевеловые заросли – альвары.

На этапе проектирования маршрутов можно не ограничиваться построением единственной заключительной картограммы, имеет смысл этим способом отобразить отдельные интегральные индексы и на этой основе уточнить оценки их относительной важности (см. табл. 4). На представленных диаграммах (рис. 8) хорошо видно, что интересующее туристов разнообразие травянистых растений связано только с лугами в северо-западной части острова. Следы животных (медведь, кабан) в основном встречаются на лугах и у болот, удаленных от жилья; в северной части, вокруг д. Кургеницы, высока численность рептилий и амфибий.

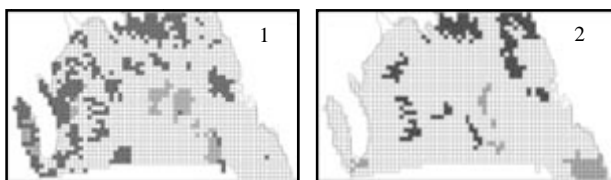


Рис. 8. Картограмма территориального распределения туристических приоритетов в северной части Климецкого острова относительно видового разнообразия трав (1) и животных (2)

Планирование троп

Рассматривая сети дорог, тропинок, просек, ранее проложенных троп, по картограмме туристических приоритетов несложно спроектировать конкретный маршрут следования, включая подъезд на автомобильном или водном транспорте. По водам Кижского архипелага перемещаются на катерах и лодках. В частности, для группы молодых туристов-любителей природы можно предложить 4–5 маршрутов протяженностью 4–6 км, берущих начало из д. Воробьи, д. Кургеницы или д. Середка (рис. 7).

Карта туристических приоритетов отчетливо показывает, что большая часть существующей экологической тропы для рассмотренной нами категории туристов будет мало интересна.

Одна из ближайших задач состоит в создании принципов и технологии автоматической прокладки экологических троп по картам ГИС.

БЛАГОДАРНОСТИ

Авторы выражают искреннюю признательность за помощь в сборе данных и организацию исследований Ю. М. Матросовой, А. В. Кравченко, М. А. Фадеевой, Р. С. Мартьянову, А. А. Коросову, Ю. Г. Протасову.

Работа выполнена при финансовой поддержке музея-заповедника «Киж».

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. 10 лет экологическому мониторингу музея-заповедника «Киж». Петрозаводск: Изд-во КарНЦ РАН, 2005. 162 с.
2. Адлер Ю. П., Макарова Е. В., Грановский Ю. В. Планирование эксперимента при поиске оптимальных условий. М.: Наука, 1976. 280 с.
3. Андреев К. А., Андреева Н. К. Экологические тропы Карелии (в помощь школьному учителю). Петрозаводск, 1991. 31 с.
4. Белов А. В., Лямкин В. Ф., Соколова Л. П. Картографическое изучение биоты. Иркутск, 2002. 160 с.
5. Голицина Н. Б. Экологические тропы // Голицина Н. Б. Практические рекомендации по исследованию экосистем Карелии. Петрозаводск: Изд-во КарНЦ РАН, 2000. С. 5–36.
6. Дроздов А. В. Основы экологического туризма. М.: Гардарики, 2005. 271 с.
7. Зорин И. В., Квартальнов В. А. Менеджмент туризма: Туризм и отраслевые системы. М.: Финансы и статистика, 2001. 272 с.
8. Коросов А. В. Специальные методы в биометрии. Петрозаводск: Изд-во ПетрГУ, 2007. 364 с.
9. Коросов А. В., Коросов А. А. Техника введения в ГИС: Приложение в экологии. Петрозаводск: Изд-во ПетрГУ, 2006. 186 с.
10. Кузнецова Е. В. Экологическая тропа – цели, задачи, возможность организации // Экологическое просвещение: от теории к практике. Петрозаводск: Изд-во ПетрГУ, 2004. С. 59–63.
11. Саати Т., Кернс К. Аналитическое планирование. Организация систем. М.: Радио и связь, 1991. 224 с.
12. Чижова В. П., Добров А. В., Захлебный А. Н. Учебные тропы природы. М.: Агропромиздат, 1989. 159 с.