

DOI:10.17308/978-5-9273-3692-0-2023-223-226

**ОПТИМИЗАЦИЯ ТУРИСТСКО-РЕКРЕАЦИОННЫХ МАРШРУТОВ НА ОСНОВЕ ДДЗ
ДЛЯ ГОРНЫХ ТЕРРИТОРИЙ (НА ПРИМЕРЕ БЕЛОГРАДЧИШСКИХ СКАЛ, БОЛГАРИЯ)****OPTIMIZATION OF TOURIST-RECREATIONAL ROUTES BASED ON REMOTE SENSING FOR
MOUNTAINOUS AREAS (ON THE EXAMPLE OF THE BELOGRADCHIK ROCKS, BULGARIA)****Лозбенева Э.А., Калущкова Н.Н.**

Lozbeneva E.A., Kalutskova N.N.

e-mail: elina7-sheremet@mail.ru

Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, Москва, Россия

Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia

Аннотация. В настоящее время оценка эстетической привлекательности территорий имеет важную роль в области развития туризма и рекреации. В процессе оценки эстетических свойств ландшафтов в первую очередь оцениваются визуальные качества самого ландшафта, от которых будет зависеть туристско-рекреационный потенциал территории исследования, а также особенности размещения туристской инфраструктуры в будущем. Современные возможности геоинформационных систем (ГИС) и данные дистанционного зондирования (ДДЗ) высокого пространственного разрешения позволяют вывести эстетическую оценку ландшафтов на новый уровень. Так, на основе разрабатываемых автоматизированных методов ГИС-оценки появилась возможность рассчитывать многие эстетические показатели с довольно высоким уровнем точности, сопоставимым с результатами натурных исследований, а также использовать полученные результаты оценки в качестве одного из основных критериев оптимальности конфигурации маршрутов. Практическое применение предложенных ГИС-методов позволит не только определить эстетическую привлекательность любой точки в пределах территории исследования, но и оптимизировать сеть туристско-рекреационных маршрутов с учетом комфортности перемещения по ним.

Abstract. Currently, the assessment of the aesthetic attractiveness of territories has an important role in the development of tourism and recreation. In the process of assessing the aesthetic properties of landscapes, first of all, the visual qualities of the landscape itself are assessed, on which the tourist and recreational potential of the study area will depend, as well as the features of the location of tourist infrastructure in the future. Modern capabilities of geographic information systems (GIS) and remote sensing data (RSD) of high spatial resolution make it possible to bring the aesthetic assessment of landscapes to a new level. Thus, on the basis of the developed automated GIS-evaluation methods, it became possible to calculate many aesthetic indicators with a fairly high level of accuracy comparable to the results of field studies, and also to use the obtained evaluation results as one of the main criteria for the optimal route configuration. The practical application of the proposed GIS methods will allow not only to determine the aesthetic appeal of any point within the study area, but also to optimize the network of tourist-recreational routes, taking into account the comfort of moving along them.

Ключевые слова: Белоградчишские скалы, туристско-рекреационный маршрут, дистанционное зондирование, эстетические свойства ландшафтов, эстетическая привлекательность, оптимизация маршрутов

Keywords: Belogradchik Rocks, tourist-recreational route, remote sensing, aesthetic characteristics of landscape, aesthetic attractiveness, route optimization

Введение. С каждым годом появляется все больше интересных туристических объектов, которые имеют научно-образовательное, природно-историческое, рекреационное и, конечно же, эстетическое значение. Современные исследования в области эстетики ландшафтов во многом получили широкое развитие из-за необходимости стимулирования туризма в пределах особо охраняемых природных территорий (ООПТ), а чуть позже и на территории геопарков ЮНЕСКО. Данное исследование проводилось на территории Белоградчишских скал в Северо-Западной Болгарии в летние сезоны 2016 и 2019 годов. Это самое крупное скальное образование в районе Предбалкан, получившее мировую известность и номинируемое на включение в систему геопарков (геологических парков) ЮНЕСКО [4]. Развитие устойчивого туризма является одним из приоритетных направлений на территории геопарков, поэтому здесь должна быть организована сеть туристско-рекреационных маршрутов, охватывающая как можно больше уникальных геологических объектов (геотопы) и эстетически привлекательных ландшафтов [7]. В данной статье мы акцентируем внимание на одном из маршрутов «Белоградчишские скалы».

Материалы и методы исследования. Методы исследований оценки эстетических свойств ландшафтов совершенствуются с каждым годом [1, 3, 5, 6, 10, 11, 12]. В настоящее время большое значение имеют ГИС-технологии, которые позволяют анализировать большие массивы пространственных данных и верифицировать их с результатами полевых исследований. А также ДДЗ сверхвысокого разрешения (менее 1 м), полученные путем аэрофотосъемки с беспилотных летательных аппаратов (БПЛА), которые в последнее время активно используются в области исследований туристско-рекреационного потенциала территории и планирования элементов туристской инфраструктуры. Автоматизированные ГИС-методы позволяют с высокой точностью определить эстетическую привлекательность любой точки, а также моделировать туристско-рекреационные маршруты с подбором наиболее оптимальной конфигурации передвижения по ним.

Исходными данными для выполнения нашего исследования являлись:

1. Результаты натурных исследований, полученные в ходе проведения эстетической оценки вдоль туристско-рекреационных маршрутов (GPS-треки, результаты балльной оценки эстетических

показателей, фотоснимки с обзорных точек);

2. Обработанные данные аэрофотосъемки с БПЛА на территорию всего скального комплекса (DJI Phantom 4 Pro) и вдоль отдельных туристско-рекреационных маршрутов (DJI Mavic Pro);

3. Открытые пространственные данные о природных и антропогенных объектах (Open Street Map, Google Карты, Яндекс.Карты);

4. Открытые программы, предназначенные для просмотра и загрузки спутниковых снимков высокого разрешения (Google Earth, SAS.Planet);

5. Космические снимки Landsat-7 ETM+ и Landsat-8 OLI, а также цифровые модели рельефа SRTM DEM с порталов геопространственных данных Earth Explorer, Libra;

6. Методические руководства по пользованию функциональным модулем ArcMap «ModelBuilder» для построения рабочих процессов геообработки пространственных данных.

Предварительная обработка изображений аэрофотосъемки и создание DTM проводились в программном обеспечении Agisoft Metashape. Анализ и визуализация основного массива пространственных данных осуществлялись в программах Esri ArcGIS 10.3/10.8, QGIS 3.22.3, SAGA GIS 7.8.2.

За основу оценки эстетических свойств ландшафтов была взята методика детального эколого-эстетического исследования ландшафтов (пейзажей), разработанная коллективом литовских исследователей под руководством К.И. Эрингиса [9]. Методика включает порядка 80 элементарных эстетических показателей, которые объединены в четыре крупных блока: общее восприятие пейзажа, выразительность рельефа, пространственное разнообразие растительности и степень антропогенной трансформации пейзажа. В ходе полевых наблюдений данная методика была адаптирована с учетом природных особенностей территории Белоградчишских скал. Таким образом, мы сократили количество оценочных показателей до 25, из которых на основе анализа ДДЗ можно оценить 16 показателей.

Основной рабочий процесс в ГИС был разделен на три последовательных этапа:

1. Предварительная обработка исходных данных: расчет плотного облака точек, создание цифровой модели (DTM) и ортофотопалана местности на основе аэрофотосъемки с БПЛА; создание комбинированной модели на основе SRTM DEM и DTM; расчет производных индексов и др.

2. Проведение эстетической оценки ландшафтов: построение зон видимости с обзорных (модельных) точек; разработка моделей для автоматизированной оценки эстетических показателей; оценка общей эстетической привлекательности территории.

3. Оптимизация сети туристско-рекреационных маршрутов: подбор и расчет критериев для оценки оптимальности конфигурации маршрутов; разработка комплексной модели для оптимизации маршрутов.

Результаты исследования. Оценка эстетической привлекательности территории исследования осуществлялась на основе результатов автоматизированной оценки эстетических показателей. В первую очередь необходимо было провести расчет границ видимости (инструмент «Visibility»/ArcGIS 10.3), тем самым определить часть территории, которая видима из каждой обзорной точки. На данном этапе оценивалось визуальное восприятие территории с учетом высоты форм рельефа. Именно рельеф выступает в качестве доступного визуального элемента природной среды, который позволяет определить степень привлекательности любой территории через выражение объектов и элементов ландшафтов в пространстве [2]. Оценка эстетических свойств ландшафтов проводилась в пределах построенных зон видимости с потенциальных обзорных (модельных) точек, которые распределялись на всю исследуемую территорию на основе регулярной сетки с шагом 80 метров. Для каждого из 16 оценочных показателей был разработан индивидуальный алгоритм оценки, состоящий из последовательности рабочих процессов [7, 8].

Эстетическая оценка позволила нам выявить наиболее привлекательные обзорные локации не только на существующих туристических маршрутах, но и на всей территории Белоградчишских скал. Потенциально это дает возможность провести новые маршруты, которые будут иметь более высокие эстетические характеристики по сравнению с существующими тропами. Однако новые маршруты должны также обеспечивать и комфортность туристам, которая зависит от проходимости маршрута, его длительности, доступности и максимального (по возможности) охвата ценных природных объектов – геотопов и примечательных ландшафтных комплексов. Такого рода комплексная задача предполагает применение методов моделирования.

Для формализации оценки оптимальности конфигурации туристско-рекреационных маршрутов мы использовали ряд критериев, которые были объединены в три группы: 1. общая проходимость маршрута; 2. разнообразие и привлекательность маршрута; 3. научно-образовательная ценность маршрута. Критерии оптимальности позволили оценить оптимальность выбранной конфигурации туристических маршрутов, а также учесть их пейзажную выразительность и установить наиболее благоприятные условия для развития определенных видов туризма с учетом возможностей различных категорий туристов.

Для оптимизации туристско-рекреационных маршрутов нами предложена комплексная модель, которая состоит из последовательных рабочих процессов, соединенных между собой инструментами геообработки данных. Структура модели включает два взаимосвязанных сегмента: первый сегмент производит оценку общей стоимости перемещения в пределах территории исследования; второй – оце-

нивает расстояние со взвешенной стоимостью, а также предлагает наиболее оптимальную конфигурацию маршрута между задаваемыми точками в пределах территории интереса (рис.).

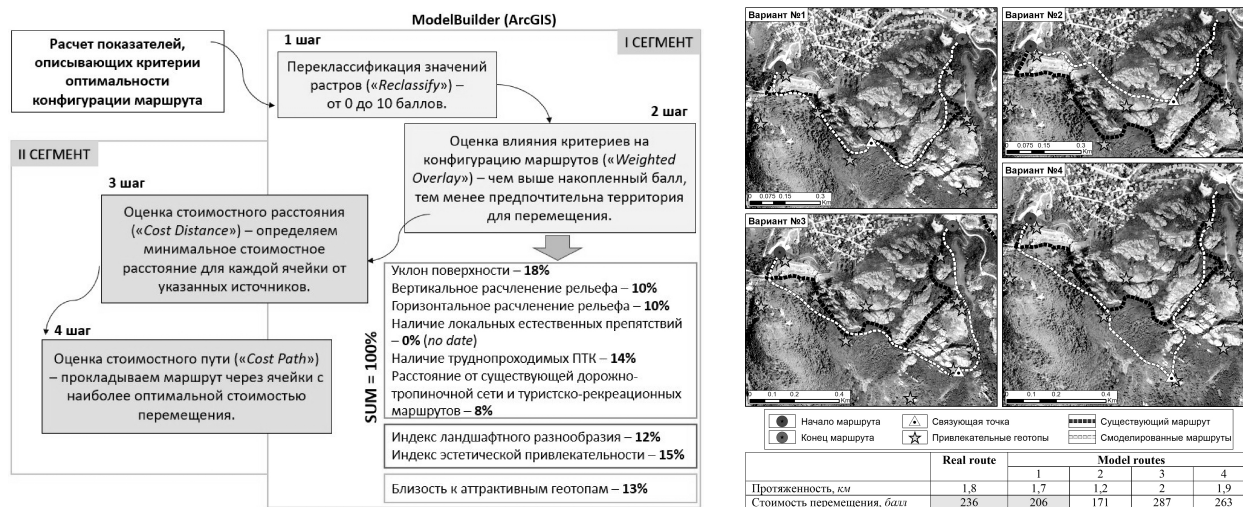


Рис. Моделирование туристско-рекреационных маршрутов на основе данных оценки стоимости перемещения

На этапе взвешенной оценки для маршрута была проведена калибровка весовых коэффициентов, каждый из которых в определенной степени мог бы оказать влияние на оптимальность его конфигурации. Предложенный для сравнительной оценки маршрут имеет единичные варианты передвижения, поэтому подбор весов осуществлялся до тех пор, пока смоделированный маршрут не оказался максимального близок к реальному.

На основе откалиброванных данных было разработано несколько пробных вариантов маршрутов, каждый из которых мог бы охватить довольно привлекательные места с наиболее оптимальной стоимостью перемещения. По предложенным маршрутам смогут пройти без особой сложности практически все категории туристов, для которых важно ознакомиться с большим числом привлекательных объектов за относительно короткое время. В этом случае конфигурация маршрутов учитывала все возможные естественные препятствия, а также стремилась охватить участки с более высокой эстетической привлекательностью и ландшафтным разнообразием территории.

Выводы. Проведенное нами исследование было направлено на разработку комплексной модели на основе ДДЗ высокого разрешения с использованием ГИС-технологий для оптимизации сети туристско-рекреационных маршрутов на территории Белоградчишских скал. В ходе моделирования новых маршрутов нами учитывались как эстетические особенности территории, так и особенности, отвечающие за безопасность и комфортность территории для передвижения туристами. Предложенную ГИС модель можно использовать для оценки оптимальности существующей конфигурации маршрутов, а также для их корректировки с зависимости от интересов и возможностей туристов.

Литература

1. Бибаева, А. Ю. Применение ГИС для расчёта комплексных показателей эстетической оценки ландшафтов / А. Ю. Бибаева, А. А. Макаров. – DOI 10.26516/2073-3402.2018.24.17 // Известия Иркутского государственного университета. Серия: Науки о Земле. – 2018. – Т. 24. – С. 17-33. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/primenenie-gis-dlya-rascheta-kompleksnyh-pokazateley-esteticheskoy-otsenki-landshaftov> (дата обращения: 15.04.2022).
2. Бредихин, А. В. Эстетическая оценка рельефа при рекреационно-геоморфологических исследованиях / А. В. Бредихин // Вестник Московского университета. Серия 5: География. – 2005. – № 3. – С. 7-13.
3. Дирин, Д. А. Факторы пейзажно-эстетической привлекательности горных ландшафтов / Д. А. Дирин, Е. С. Попов // География и природопользование Сибири. – 2010. – № 12. – С. 54-61. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/otsenka-peyzazhno-esteticheskoy-privlekatelnosti-landshaftov-metodologicheskii-obzor> (дата обращения: 28.10.2022).
4. Калуцкова, Н. Н. Опыт номинирования геологических парков в глобальную сеть ЮНЕСКО / Н. Н. Калуцкова, Д. Синьовски, Н. М. Дронин, Д. Синьовска, Э. А. Шеремет // Вестник Московского государственного областного университета. Серия: Естественные науки. – 2019. – №2. – С. 80-93. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/opyt-nominirovaniya-geologicheskikh-parkov-v-globalnyuyu-set-yunesko> (дата обращения: 15.03.2023).
5. Кочуров, Б. И. Оценка эстетического потенциала ландшафтов / Б. И. Кочуров, Н. В. Бучацкая // Юг России: экология и развитие. – 2007. – № 4. – С. 25-34. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/otsenka-esteticheskogo-potentsiala-landshaftov> (дата обращения: 28.10.2022).
6. Ротанова, И. Н. Оценка эстетической привлекательности ландшафтов проектируемого природного парка «Предгорье Алтай» с применением геоинформационных технологий / И. Н. Ротанова, О. А. Васильева // Наука и туризм: стратегии взаимодействия. – Барнаул: Издательство Алтайского университета, 2017. – Вып. 7 (5). – С. 29-36. – URL: <http://journal.asu.ru/st/article/view/4434> (дата обращения: 28.10.2022).

7. Шеремет, Э. А. Возможности применения ГИС-технологий для оценки визуальных свойств ландшафтов при организации геопарков / Э. А. Шеремет, В. С. Дехнич, Н. Н. Калущкова. – DOI 10.31857/S0869607120060063 // Известия Русского географического общества. – 2020. – Т. 152, № 6. – С. 69-78. – URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=44367054> (дата обращения: 15.03.2023).
8. Шеремет Э. А. Визуальные свойства ландшафтов и методы их оценки с применением ГИС (на примере Белоградчишских скал (Болгария)) / Э. А. Шеремет, Н. Н. Калущкова, В. С. Дехнич. – DOI 10.35595/2414-9179-2021-2-27-191-204 // ИнтерКарто. ИнтерГИС. – 2021. – С. 191-204. – URL: <http://intercarto.msu.ru/jour/articles/article930.pdf> (дата обращения: 15.03.2023).
9. Эрингис К. И. Сущность и методика детального эколого-эстетического исследования пейзажей / К. И. Эрингис, А.-Р. А. Будрюнас // Экология и эстетика ландшафта. – Вильнюс: Минтис, 1975. – С. 107-160.
10. Cwiakala, P. Assessment of the possibility of using unmanned aerial vehicles (UAVs) for the documentation of hiking trails in Alpine areas / P. Cwiakala, R. Kocierz, E. Puniach, M. Nedzka, K. Mamczarz, W. Niewiem, P. Wiacek. – DOI 10.3390/s18010081 // MDPI International Journal. – 2018. – Vol. 18 (1). – Pp. 1-28. – URL: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC5795845/> (дата обращения: 25.12.2022).
11. Lee, S.Y. Assessing safety and suitability of old trails for hiking using ground and drone surveys / S. Y. Lee, C. Du, Z. Chen, H. Wu, K. Guan, Y. Liu, Y. Cui, W. Li, Q. Fan, W. Liao. – DOI 10.3390/ijgi9040221 // ISPRS International Journal of Geo-Information. – 2020. – Vol. 9 (4). – Pp. 1-17. – URL: <https://www.mdpi.com/2220-9964/9/4/221> (дата обращения: 25.12.2022).
12. Liu, S. Application of UAV oblique photograph modeling technology in mountain tourism planning / S. Liu, W. Deng, Y. Yu // 3rd International Symposium on Electronics, Electrical Engineering, Manufacturing and Systems (EEEMS 2018). – UK: Francis Academic Press, 2018. – Pp. 240-245. – URL: https://webofproceedings.org/proceedings_series/ECS/EEEMS%202018/EEEMS18047.pdf (дата обращения: 25.12.2022).