АПРОБАЦИЯ МЕТОДА ОЦЕНКИ И ПРОГНОЗИРОВАНИЯ РЕКРЕАЦИОННОЙ ПРИВЛЕКАТЕЛЬНОСТИ ТЕРРИТОРИИ С ПОМОЩЬЮ ГЕОПРИВЯЗАННЫХ ДАННЫХ ИЗ СОЦИАЛЬНОЙ СЕТИ ДЛЯ ПРИБРЕЖНОЙ ЗОНЫ АЗОВСКОГО МОРЯ

Н.В. Лихтанская^{1,2}, О.Е. Архипова^{1,2}

¹Федеральный исследовательский центр

Южный научный центр Российской академии наук (ЮНЦ РАН), г. Ростов-на-Дону

²Южный федеральный университет, г. Ростов-на-Дону

natalikht@gmail.com, arkhipova@ssc-ras.ru

Аннотация. Для прибрежной зоны Азовского моря выполнена апробация ГИС-ориентированного метода оценки и прогнозирования рекреационной привлекательности территории с помощью геопривязанных данных из социальной сети: определены ключевые факторы, влияющие на рекреационное использование прибрежной зоны Азовского моря; созданы база геоданных и ГИС-проект с информацией о рекреационных ресурсах и инфраструктуре изучаемой территории; использованы возможности ГИС-ориентированной математической модели «Рекреация», разработанной в рамках партнерства Стэнфордского университета, Университета Миннесоты, благотворительной экологической организации «Охрана природы» и международной общественной организации «Всемирный фонд дикой природы» для количественной оценки рекреационной привлекательности территории на основе показателя ее посещаемости отдыхающими, рассчитываемого с помощью геопривязанных данных из социальной сети flickr; проведена оценка текущей рекреационной привлекательности изучаемой территории и результатов реализации альтернативных сценариев ее рекреационного развития. Результаты продемонстрировали, что рассчитываемый с помощью геопривязанных данных из социальной сети показатель является надежным индикатором рекреационной привлекательности этой территории, а база геоданных и ГИС-проект при совместном использовании с ГИС-ориентированной математической моделью представляют собой комплексный инструмент, обладающий необходимым функционалом для поддержки принятия решений в сфере рекреации. Апробированный метод может быть использован для решения задач оптимального планирования развития прибрежных зон в соответствии с общепринятой мировой практикой и с учетом региональной специфики.

Ключевые слова: прибрежная зона, рекреационная привлекательность, оптимальное планирование, поддержка принятия решений, геоинформационные технологии, математическая модель.

Введение. Во всем мире прибрежные зоны, благодаря своим богатым ресурсам, являются наиболее эксплуатируемыми районами. Развивающиеся там курортное дело и туризм – важные компоненты многих национальных и местных экономик, которые, кроме того, положительно влияют на ключевые секторы экономики (такие как транспорт, связь, торговля, сельское хозяйство, строительство и т.д.) и вносят бесценный вклад в нематериальные активы (такие как физическое благополучие, качество жизни, социальные связи, обучение).

В условиях современной социально-экономической и экологической ситуации все более актуальное значение приобретает развитие сферы отдыха и туризма, ориентированной на внутренние рекреационные ресурсы. При этом наибольшей привлекательностью обладают территории с максимально широкими возможностями развития рекреационных услуг, которые оставляют право выбора вида отдыха за человеком [1].

Азовский регион обладает богатым ресурсным потенциалом, который позволяет развиваться целому

ряду направлений туристской отрасли: этнографическому, спортивному, экологическому, охотничьему, рыболовному туризму и др. Развитие туристической отрасли на территории Азовского побережья должно стать достаточно перспективным с точки зрения вложения капитала и развития территории, так как она позволяет создавать на базе природного и культурного потенциала высокодоходные инвестиционные проекты. Развитие подобных проектов даёт в перспективе долгосрочный экономический эффект: привлечение внутренних и иностранных инвестиций, создание новых рабочих мест, укрепление и создание инфраструктуры и, кроме того, увеличение привлекательности самой территории [2].

Чтобы вложение капитала осуществлялось целенаправленно, а его результат был экономически оправдан, лицам, принимающим решения, полезно иметь инструмент, позволяющий выявлять пространственную модель текущего рекреационного использования территории и строить прогнозные модели, соответствующие выбранным сценариям ее рекреационного развития.

Материалы и методы исследования. Чтобы количественно оценивать привлекательность территории для отдыха и туризма, в рамках партнерства Стэнфордского университета, Университета Миннесоты, благотворительной экологической организации «Охрана природы» и международной общественной организации «Всемирный фонд дикой природы» ученые – специалисты-практики из разных предметных областей и программисты – разработали и свободно распространяют ГИС-ориентированную математическую модель «Рекреация» семейства моделей InVEST.

Входные данные модели и результаты моделирования представляют собой геопривязанную информацию, которую можно визуализировать и анализировать в любой программной среде ГИС. В качестве индикатора, отражающего рекреационную привлекательность изучаемой территории, используется показатель посещаемости этой территории отдыхающими. Модель дает возможность оценивать пространственное распределение этого показателя в разные периоды времени на основе геопривязанной информации о сделанных там в этот период фотографиях, размещенных на одном из самых популярных фотохостингов flickr (по популярности с ним могут соперничать только Instagram и Twitter, которые также с успехом используются для оценки посещаемости мест отдыха и лечения [3, 4]). Кроме того, с помощью модели может быть сделан прогноз пространственного распределения этого показателя на основе данных о рекреационных ресурсах, инфраструктуре и других факторах, влияющих на решения людей о том, где им отдыхать, и возможных сценариев их развития [5–7].

При проведении вычислительного эксперимента изучаемая область – Area of Interest (AOI) – с помощью регулярной сетки может быть разбита на квадратные или гексагональные ячейки заданного размера. Модель агрегирует результаты своих расчетов с теми пространственными объектами, из которых состоит АОИ на момент проведения вычислительного эксперимента (полигонами или ячейками сетки).

Для каждого полигона (ячейки) изучаемой области в каждый из дней рассматриваемого периода модель подсчитывает показатель посещаемости – Photo User Day (PUD) – количество пользователей, опубликовавших во flickr хотя бы одну снятую в этот день фотографию, географические координаты которой попадают в этот полигон (ячейку). Суммируя ежедневные данные о посещаемости полигона (ячейки) в пределах месяца, модель подсчитывает показатели посещаемости этого полигона (ячейки) по месяцам года. Эта процедура повторяется для каждого года рассматриваемого периода, и затем показатели посещаемости полигона (ячейки) по месяцам усред-

няются. В результате для каждого полигона (ячейки) появляется по 12 значений посещаемости, которые являются средними для определенных месяцев года за весь рассматриваемый период. Кроме того, для каждого полигона (ячейки) рассчитывается показатель PUD_YR_AVG – средняя посещаемость в год за весь рассматриваемый период, который отражает рекреационную привлекательность этого участка в этот период.

Чтобы оценить вклад атрибутов места (факторов) в показатель посещаемости, строится модель множественной линейной регрессии:

$$y_i = \beta_0 + \beta_1 x_{i1} + \dots + \beta_p x_{ip} \text{ для } i=1\dots n, \quad (1)$$

где i – номер полигона (ячейки) АОИ;

n – количество полигонов (ячеек) в АОИ;

p – количество факторов.

Информация о пространственном распределении факторов представляется в растровом или векторном виде с указанием используемой метрики. Например, для растрового файла метриками могут быть среднее значение или сумма значение ячеек раstra, пересекающих полигон (ячейку) АОИ.

Для реализации возможности оценки и прогнозирования рекреационной привлекательности прибрежной зоны Азовского моря с помощью модели «Рекреация» были определены ключевые факторы, влияющие на рекреационное использование и рекреационную привлекательность изучаемой территории: наличие мест отдыха (гостиниц, баз отдыха и т.п.), пляжей, растительности, транспортная доступность (дорожная сеть), глубина моря около берега. По каждому фактору была собрана информация и средствами программной среды ArcGIS корпорации ESRI созданы база геоданных (БГД) и ГИС-проект, которые при совместном использовании с ГИС-ориентированной математической моделью представляют собой комплексный инструмент, обладающий необходимым функционалом для поддержки принятия решений в сфере рекреации. Описание данных, которые использовались для информационного наполнения БГД и ГИС-проекта приведено ниже.

Названия, адреса и координаты мест отдыха на побережье Азовского моря были собраны из реестра действующих организаций отдыха и оздоровления детей и карт Google в xls-файл, из которого затем был создан точечный векторный слой places.

Векторные данные о дорожной сети и растительности из топоосновы миллионного масштаба были использованы для создания полигональных векторных слоев roads и vegetation.

Растровый файл с данными о батиметрии Азовского моря, созданный в ЮНЦ РАН, лег в основу

растрового слоя bathymetry, содержащего данные о глубинах в пределах 500 м от берега.

Дешифрованный космический снимок, полученный в результате использования метода интерактивной классификации с обучением [8], был преобразован в векторный полигональный слой beaches.

Результаты и обсуждение. Чтобы оценить рекреационную привлекательность российского побережья Азовского моря, вдоль его береговой линии была построена буферная зона шириной 10 км на суше и 500 м в море, которая затем была разделена на пять основных рекреационных районов: северное побережье Таганрогского залива, южное побережье Таганрогского залива, район Ейска, район Приморско-Ахтарска и район Темрюка.

Для каждого рекреационного района с помощью модели был рассчитан показатель PUD_YR_AVG (средняя посещаемость в год за рассматриваемый период), отражающий рекреационную привлекательность этого района в выбранный период (в качестве периода был выбран 10-летний интервал с 2005 г. по 2014 г.). Полученные результаты были визуализированы в ГИС-проекте.

Максимальное значение этого показателя (45,2) – на северном побережье Таганрогского залива, минимальное (1) – в районе Приморско-Ахтарска. В районах Ейска и Темрюка значения показателя оказались примерно одинаковыми (18,1 и 16,6 соответственно), а на южном побережье Таганрогского залива значение показателя (10,7) оказалось примерно в 4 раза меньше, чем на северном побережье.

Анализ результатов привел к выводу о том, что наиболее интересными с точки зрения оценки вклада атрибутов места (факторов) в значения показателя посещаемости являются два района: северное и южное побережье Таганрогского залива, поскольку они, с одной стороны, очень похожи по природным условиям и наличию центров, имеющих культурно-историческое значение (г. Таганрог и г. Азов соответственно), а с другой стороны, показатели, являющиеся индикаторами их рекреационной привлекательности, отличаются друг от друга в 4 раза.

На основе данных о рекреационных ресурсах и инфраструктуре для каждого из этих районов с помощью модели был проведен расчет коэффициентов регрессии. Коэффициенты регрессии, соответствующие таким факторам, как наличие пляжей, транспортная доступность (дорожная сеть), глубина моря около берега для обоих районов практически совпадают, а коэффициенты регрессии, соответствующие таким факторам, как наличие растительности и мест отдыха отличаются примерно в 2,5 и 3,5 раза соответственно (по растительности лидирует южное побережье, а по местам отдыха – северное).

При этом здесь необходимо отметить два момента: средства размещения туристов являются одним из основных элементов рекреационной инфраструктуры [9]; выявленное отставание южного побережья Таганрогского залива по количеству мест отдыха коррелирует с приведенными в [9] результатами исследования, показывающими, что поток туристов там в 5 раз выше существующего для их размещения количества мест.

Чтобы построить более детальную регрессионную модель для южного побережья Таганрогского залива, оно сначала было разбито регулярной сеткой на гексагональные ячейки с диагональю 500 м, для каждой из которых был рассчитан и визуализирован показатель посещаемости, а затем в соответствии с пространственной консолидацией относительно высоких значений этого показателя оно было разбито на семь полигонов.

Для каждого из семи полигонов были рассчитаны значения показателя посещаемости и коэффициентов регрессии. Затем полигон номер 1, в который попал г. Азов, был удален из дальнейшего рассмотрения, поскольку его высокий, в сравнении с остальными полигонами, показатель посещаемости является результатом влияния фактора, не включенного в построенную регрессионную модель, а именно – результатом влияния культурно-исторического потенциала г. Азова. Полученные значения показателя посещаемости были визуализированы в ГИС-проекте (рис. 1).

Максимальное значение показателя посещаемости (2,2) – в полигоне номер 4 (Очаковская коса), три наименьших и практически совпадающих значения (0; 0,1; 0,1) – в полигонах номер 3 (Круглое), номер 6 (Долгенькая коса) и номер 7 (Азов-Сити) соответственно. Значения показателя в полигонах номер 2 (Займо-Обрыв) и номер 5 (Чумбурская коса) примерно одинаковы и составляют 0,5 и 0,6 соответственно.

При этом, если полигоны, на которые было разбито южное побережье Таганрогского залива, ранжировать по рассчитанным моделью значениям показателя посещаемости и сравнить эти данные с результатами ранжирования пляжей по интегральному показателю, приведенными в [6], можно заметить, что они практически совпадают. Это свидетельствует о том, что рассчитываемый на основе геопривязанных данных из социальной сети показатель посещаемости изучаемой территории может быть использован в качестве надежного индикатора рекреационной привлекательности этой территории.

Для решения задач, связанных с прогнозированием рекреационной привлекательности изучаемой территории, было разработано четыре сценария:

- нулевой сценарий (проверка адекватности построенной регрессионной модели) – отсутствие изменений;
- первый сценарий – существенное (в 2 раза) увеличение количества мест отдыха на южном побережье Таганрогского залива без нанесения ущерба растительности;
- второй сценарий – существенное (в 2 раза) увеличение количества мест отдыха на южном побережье Таганрогского залива, сопровождающееся уменьшением площади, занятой растительностью;
- третий сценарий – уменьшение площади, занятой растительностью, без изменения количества мест отдыха на южном побережье Таганрогского залива.

Рис. 1. Визуализация данных о распределении показателя посещаемости по полигонам на южном побережье Таганрогского залива

Для реализации этих сценариев была подготовлена пространственная информация, отражающая увеличение количества мест отдыха и уменьшение площади, занятой растительностью, на южном побережье Таганрогского залива.

Вычислительные эксперименты проводились в двух вариантах: для южного побережья Таганрогского залива в целом и с разбиением его на полигоны (для выбранных полигонов номер 2–7). Для

каждого варианта были построены регрессионные модели, соответствующие рассматриваемым пространственным объектам и разработанным сценариям, и рассчитаны прогнозируемые значения показателей посещаемости. На рис. 2, 3 представлены графики, отражающие зависимость прогнозируемых значений показателя посещаемости для каждого пространственного объекта от выбранного сценария.

Рис. 2. Зависимость прогнозируемых значений показателя посещаемости от выбранного сценария развития рекреационного использования южного побережья Таганрогского залива

Рис. 3. Зависимость прогнозируемых значений показателя посещаемости от выбранного сценария развития рекреационного использования южного побережья Таганрогского залива (с разбиением на полигоны)

Заключение. Анализ полученных результатов позволил сделать вывод об адекватности модели «Рекреация» и базирующегося на ее использовании метода. Показатель, рассчитываемый на основе геопривязанных данных из социальной сети, является надежным индикатором рекреационной привлекательности территории, и метод может быть использован в процессе принятия решений.

Подготовив информацию о текущем состоянии факторов, влияющих на рекреационную привлекательность территории, и о том, как они могут меняться в соответствии с альтернативными сценариями ее развития, можно осуществлять

разнообразные вычислительные эксперименты, в результате которых не только будет выявлена пространственная модель текущего рекреационного использования этой территории, но и построены прогнозные модели, соответствующие выбранным сценариям.

Возможно, будет полезно использовать геопривязанные данные с других популярных фотохостингов, таких как Instagram и Twitter, для уточнения значений показателя посещаемости территории.

Публикация подготовлена в рамках реализации ГЗ ЮНЦ РАН на 2018 г., № гр. проекта 01201363188.

Список литературы

- Архипова О.Е., Беспалова Л.А., Ивлиева О.В. Береговые процессы, защита берегов и перспективы рекреационного освоения побережья Таганрогского залива // Сборник статей по материалам российско-украинского семинара «Азовское море, Керченский пролив и предпроливные зоны в Черном море: проблемы управления прибрежными территориями для обеспечения экологической безопасности и рационального природопользования». 2012. С. 201–211.
- Ирисова Т.А., Колотова Е.В., Денисова Д.В. Проблемы и перспективы рекреационного освоения Азовского побережья России // Индустрия туризма: возможности, приоритеты, проблемы и перспективы. 2016. Т. 9. № 1. С. 74–87.
- Ghermandi, A. 2016. Analysis of intensity and spatial patterns of public use in natural treatment systems using geotagged photos from social media. Water Research 105: 297–304.
- Tenkanen et al. 2017 (Scientific Reports) Instagram, Flickr, or Twitter: Assessing the usability of social media data for visitor monitoring in protected areas.

5. Richardson, R, JB Loomis. 2005. Climate change and recreation benefits in an alpine national park. *Journal of Leisure Research* 37: 307–320.
6. Wood et al. 2013 (*Scientific Reports*) Using social media to quantify nature-based tourism and recreation.
7. Keeler et al. 2015 (*Frontiers in Ecology and the Environment*) Recreational demand for clean water: evidence from geotagged photographs by visitors to lakes.
8. Архипова О.Е., Герасюк В.С. Оценка состояния рекреационной зоны Таганрогского залива на основе анализа мультиспектральных данных (Landsat) // *Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса*. 2018. Т. 15. № 2. С. 65–74.
9. Ивлиева О.В., Кушниц К.В. Современное состояние средств размещения туристов на российском побережье Азовского моря // *Географический вестник*. 2017. № 3 (42). С. 116–125.

APPROBATION OF METHOD FOR ESTIMATION AND FORECASTING OF RECREATIONAL APPEAL OF TERRITORY WITH THE HELP OF GEOTAGGED DATA FROM THE SOCIAL NETWORK FOR THE COASTAL ZONE OF THE AZOV SEA

N.V. Likhtanskaya^{1,2}, O.E. Arkhipova^{1,2}

¹Federal Research Centre

the Southern Scientific Centre of the Russian Academy of Sciences (SSC RAS)

²Southern Federal University, Rostov-on-Don

Abstract. The authors carried out an approbation of the GIS-based method for estimation and forecasting of recreational appeal of territory with the help of geotagged data from the social network for the coastal zone of the Azov Sea: identified the key factors affecting the recreational use of the coastal zone of the Azov Sea; have created the geodatabase and GIS-project with information on recreational resources and the infrastructure of the studied territory; used the features of the GIS-based mathematical model "Recreation" developed within the framework of the partnership between Stanford University, the University of Minnesota, the charity environmental organization "Nature Conservancy" and the international public organization "World Wildlife Fund" to quantify the recreational appeal of the territory on the basis of its attendance rate, calculated by means of georeferenced data from the social network flickr; assessed the current recreational appeal of the study area and the results of implementing alternative scenarios for its recreational development. The results demonstrated that the rate calculated using geotagged data from the social network is a reliable indicator of the recreational appeal of this territory, and the geodatabase and GIS-project, when they used together with the GIS-based mathematical model, are a complex tool with the necessary functionality to support decision making in sphere of recreation. The proven method can be used to solve problems of optimal planning of coastal zones development in accordance with generally accepted world practices and taking into account regional specifics.

Key words: coastal zone, recreational appeal, optimal planning, decision support, geoinformation technologies, mathematical model.

References

1. Arkhipova O.E., Bepalova L.A., Ivlieva O.V. Coastal processes, coastal protection and prospects of the recreational development of the coast of the Taganrog bay // Sbornik statey po materialam rossiysko-ukrainskogo seminar «Azovskoe more, Kerchenskiy proliv i predprolivnye zony v Chernom more: problemy upravleniya pribrezhnymi territoriyami dlya obespecheniya ekologicheskoy bezopasnosti i ratsional'nogo prirodopol'zovaniya» [Collection of articles on the materials of the Russian-Ukrainian seminar "The Azov Sea, the Kerch Strait and zones before strait in the Black Sea: problems of coastal territory management for ensuring ecological safety and rational nature management"]. 2012. P. 201–211. (In Russian)
2. Irisova T.A., Kolotova E.V., Denisova D.V. Problems and prospects of the recreational development of the Azov coast of Russia // *Industriya turizma: vozmozhnosti, priority, problemy i perspektivy* [Tourism industry: opportunities, priorities, problems and prospects]. 2016. T. 9. No. 1. P. 74–87. (In Russian)
3. Ghermandi, A. 2016. Analysis of intensity and spatial patterns of public use in natural treatment systems using geotagged photos from social media. *Water Research* 105: 297–304. (In English)
4. Tenkanen et al. 2017 (Scientific Reports) Instagram, Flickr, or Twitter: Assessing the usability of social media data for visitor monitoring in protected areas. (In English)
5. Richardson, R, JB Loomis. 2005. Climate change and recreation benefits in an alpine national park. *Journal of Leisure Research* 37: 307–320. (In English)
6. Wood et al. 2013 (Scientific Reports) Using social media to quantify nature-based tourism and recreation. (In English)
7. Keeler et al. 2015 (Frontiers in Ecology and the Environment) Recreational demand for clean water: evidence from geotagged photographs by visitors to lakes. (In English)
8. Arkhipova O.E., Gerasyuk V.S. Assessment of the state of the Taganrog Bay recreational zone on the basis of multispectral data (Landsat) analysis // *Sovremennye problemy distantsionnogo zondirovaniya Zemli iz kosmosa*. 2018. T. 15. No. 2. P. 65–74. (In Russian)
9. Ivlieva O.V., Kushnir K.V. The current state of tourist accommodation on the Russian coast of the Azov Sea // *Geographical Bulletin*. 2017. No. 3 (42). P. 116–125. (In Russian)