

Ученые записки Таврического национального университета имени В.И.Вернадского
Серия «География». Том 21 (60). 2008 г. № 1. С. 120-126

УДК 574.4:528.8.04:004.75

**КАРТИРОВАНИЕ БИОРАЗНООБРАЗИЯ ПРИЧЕРНОМОРСКОГО
РЕГИОНА УКРАИНЫ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ДИСТАНЦИОННЫХ
ДАННЫХ, РЕАЛИЗОВАННОЕ В ФОРМЕ АВТОМАТИЧЕСКИ
ОБНОВЛЯЕМОГО WEB-СЕРВИСА**

Попов М. А., Куссуль Н. Н., Станкевич С. А., Козлова А. О.,

Шелестов А. Ю., Корбаков М. Б., Кравченко А. М.

В статье описан подход к оценке и картированию биоразнообразия территорий с использованием дистанционных данных. В предложенном подходе использована нечетко-логическая модель, основанная на экологических факторах, влияющих на биоразнообразие. Данный подход реализован для Причерноморского региона Украины в форме автоматически обновляемого web-сервиса, который доступен через Интернет.

Ключевые слова: Индекс потенциального биоразнообразия, данные дистанционного зондирования, Причерноморский регион Украины, автоматически обновляемый web-сервис

ВВЕДЕНИЕ

В контексте определения количественных показателей и картографирования, биоразнообразие часто рассматривают как разнообразие видов определенной территории [1]. Оценивание биоразнообразия важно при анализе экологического состояния территорий и принятии научно обоснованных управленческих решений относительно их развития.

Традиционно исследование биоразнообразия выполняется полевыми методами, однако их дополнение спутниковыми наблюдениями с использованием современных геоинформационных технологий позволяет значительно уменьшить материальные и временные затраты при оценке биоразнообразия больших территорий [2].

Очевидно, что решение таких задач на сколько-нибудь детальном уровне посредством полного учета всех компонентов биоразнообразия все еще представляется маловыполнимым. С этой точки зрения для оценки и картографирования биоразнообразия наиболее адекватным является экосистемный подход [3], при котором оценка биоразнообразия может опираться на какие-либо интегративные, но обеспечивающие «представительство» всех биокомпонентов характеристики.

Причерноморский регион Украины, включая полуостров Крым, обладает уникальными природными условиями и требует особого внимания по их контролю и сохранению. Отметим, что Крым – единственный из регионов Украины, который включен в список немногочисленных европейских регионов с высоким уровнем биологического разнообразия (всего в Европе насчитывается 8 подобных регионов) [4].

Важной задачей для Украины в контексте участия в работе Group on Earth Observations (GEO) является создание информационной инфраструктуры, которая будет объединять разработки отдельных организаций в области дистанционного исследования Земли и обеспечит автоматические информационные сервисы. Исследование и оценивание биоразнообразия является одним из важных направлений использования данных дистанционного зондирования при создании подобных сервисов.

Ниже рассматриваются научно-технологический подход и предварительные результаты количественного оценивания и картирования Причерноморского региона Украины с использованием многоспектральных космических изображений и других дистанционных данных в контексте развития украинского сегмента системы GEOSS (Global Earth Observation System of Systems).

МЕТОДИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ

Факторы

Биоразнообразие связано с рядом абиотических и биологических факторов, которые могут быть определены по данным дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ). К ним относятся типы ландшафтов, географическая широта, высота над уровнем моря, климатические условия – среднесуточные температуры, влажность, структура и первичная продуктивность растительного покрова [5].

Механизмы влияния указанных факторов на темпы, формы и направленность дифференциации биоты достаточно хорошо исследованы. Для данной работы более важным представляется порядок их оценивания по да определение диапазона возможных значений для биоразнообразия.

Количественные показатели и диапазоны возможных значений факторов среды, которые влияют на биоразнообразие и могут быть определены по многоспектральным космическим данным ДЗЗ, представлены в табл. 1.

Таблица 1

Количественные показатели и диапазоны возможных значений факторов среды, которые влияют на биоразнообразие и могут быть определены по многоспектральным космическим данным ДЗЗ

Фактор	Показатель	Диапазон
Свет	Среднесуточная облучённость (SSI)	0 .. 270 Вт/(м ² ·сутки)
Влажность	Влагосодержание (SVM)	0 .. 1 г/см ³
Температура	Температура земной поверхности (LST)	-30 .. +50 С
Осадки	Общее выпадение	0 .. 200 мм сутки
Растительный покров	Индекс лиственной поверхности (LAI)	0 .. 6

Данные

Факторы, приведенные в табл. 1, могут быть определены по результатам обработки калиброванных многоспектральных аэрокосмических изображений

низкого, среднего и высокого пространственного разрешения. Для распространенных многоспектральных сенсоров существуют пулы стандартных алгоритмов обработки, атмосферной и геометрической коррекции, некоторые из которых открыты. Например, для спутниковых сенсоров EOS/MODIS, Envisat/MERIS (низкое пространственное разрешение) Landsat/ETM+, EOS/ASTER (среднее пространственное разрешение) такие алгоритмы отложены, верифицированы и имплементированы в стандартное программное обеспечение обработки космических снимков [6].

В зависимости от поставленных задач и уровня их решения может быть использована одна из широкоизвестных, согласованных между собой систем классификации типов земной поверхности глобального (IGBP Land Cover, UMD Land Cover, Global Land Cover 2000) или регионального уровня (CLC 2000, GSE-Land, PELCOME). Обязательным условием использования подобных классификаций является детализация классов биотопов в контексте характеристик среды, определяющих общий характер распределение видов растений и животных с дальнейшим разделением на подклассы.

Наиболее полный набор информационных продуктов, необходимых для оценивания биоразнообразия, доступен для международного научного проекта Earth Observation System (EOS) [7].

Дополнительно для оценивания среднесуточной облученности и уточнения экосистемного районирования территории исследования необходима цифровая модель рельефа (DTED). Например, в свободном доступе находятся глобальные DTED Shuttle Radar Terrain Mission пространственным разрешением 90 м SRTM3 v2.0 [8].

При оценке биоразнообразия данные ДЗЗ должны интегрироваться на протяжении вегетационного периода, когда возможно провести достаточно точную классификацию растительного покрова.

Модель

Корректное оценивание влияния факторов на биоразнообразие требует установления детерминированных или статистических связей между ними. В первом случае должны строиться причинно-следственные экосистемные модели высокого пространственного разрешения для каждого участка ландшафта. Чрезвычайная сложность и неотработанность таких моделей могут негативно сказываться на точности получаемых результатов. Использование данных ДЗЗ может существенно уточнить параметры таких моделей или вид и состав уравнений.

Во втором случае необходим значительный объем данных наземных наблюдений для построения регрессии, причем желательно для всего разнообразия ландшафтных комплексов разных климатических зон региона. Это приводит к чрезмерному увеличению объема полевых исследований. Оба подхода имеют слабые и сильные стороны и могут быть улучшены путем использования данных ДЗЗ.

Компромиссным вариантом может быть нечетко-логический подход. Нечеткие модели позволяют описывать как детерминированные взаимосвязи с

неопределенными или плохо определенными параметрами и статистические зависимости с неизвестными законами распределений, так и формализовать экспертные представления о процессах в исследуемых экосистемах. Дополнительным аргументом в пользу выбора нечетко-логической модели является достаточно слабая зависимость результатов нечетких операций от вида субъективно аппроксимированных функций принадлежности в широком диапазоне значений нечетких величин [9].

Пусть известны количественные значения F_j всех m факторов, которые влияют на оценку биоразнообразия B . Для каждого из классов земного покрова потенциально возможное биоразнообразие B_0 , в случае использования индекса Шеннона (1) полностью определяется количеством биологических видов данного класса N :

$$B_0 = \ln N_0 . \quad (1)$$

Далее для каждого из факторов на основании экологических моделей, статистических зависимостей или экспертных знаний определяется функция принадлежности $\mu(F)$ влияния этого фактора на биоразнообразие для всего диапазона возможных значений F_i . Если все m функций принадлежности определены, станет возможным вычислить общую функцию принадлежности μ_0 вектора факторов. Теоретическим обоснованием этого может служить вывод о существовании лимитирующего экологического фактора [5].

В этом случае естественной операцией определения общей функции принадлежности будет нечеткая конъюнкция:

$$\mu_0 = \bigwedge_{i=1}^m \mu(F_i) . \quad (2)$$

После определения общей функции принадлежности (2) и потенциального биоразнообразия (1) рассчитывается текущая оценка биоразнообразия B :

$$B = \mu_0 B_0 . \quad (3)$$

Операции (1) – (3) выполняются для всех элементов разрешения многоспектральных космических снимков, содержащих значения F . Очевидно, что все задействованные информационные слои должны быть ресэмплированы и попиксельно совмещены между собой.

Порядок оценивания биоразнообразия в рамках нечетко-логической модели с использованием многоспектральных данных ДЗЗ описывается схемой, представленной на рис. 1.

РЕЗУЛЬТАТЫ

В ходе инновационного проекта НАН Украины специалистами Научного центра аэрокосмических исследований Земли (ЦАКДЗ) и Института космических исследований (ИКИ) разработан демонстрационный полностью автоматический web-сервис оценивания биоразнообразия Причерноморского региона Украины на основе информационных продуктов EOS, обработанных в соответствии со схемой оценивания биоразнообразия, представленной на рис. 1.

Схема оценивания биоразнообразия по многоспектральным космическим

снимкам состоит из трех основных этапов: сбора и адаптации исходных данных, предварительной обработки данных и количественной оценки биоразнообразия. Сбор данных производится автоматически на регулярной основе с использованием различных открытых источников информационных продуктов MODIS, таких как центры обработки LAADS, LP DAAC и NSIDC. Данные проверяются, аннотируются и хранятся в локальном архиве ИКИ. Предварительная обработка включает приведение данных в единую картографическую проекцию и пространственную регуляризацию с использованием стандартных программных средств – MODIS Reprojection Tool (MRT), и Geospatial Data Abstraction Layer (GDAL). Оценка биоразнообразия производится после осреднения всех необходимых показателей за период наблюдения, для чего формируются усредненные композиционные изображения. Результирующая карта пространственного распределения биоразнообразия исследуемого региона формируется в виде геореференцированного изображения в формате GeoTIFF.

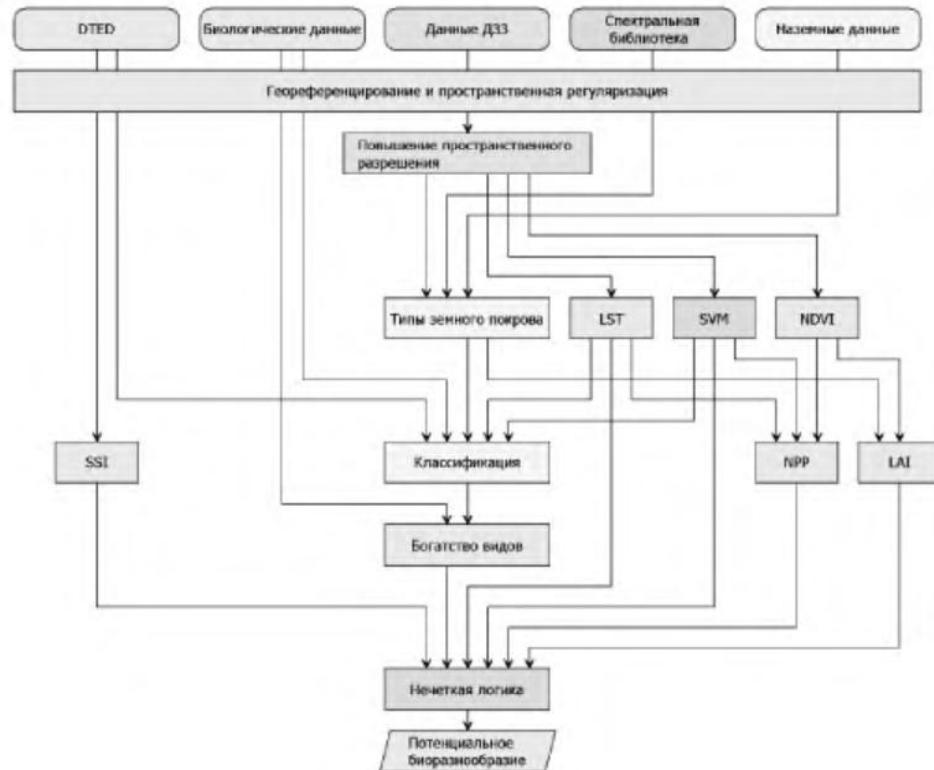


Рис. 1. Схема оценивания биоразнообразия с использованием многоспектральных данных ДЗЗ

Предложенный web-сервис реализован на основе открытых стандартов и в соответствии с принципами разработки GEOSS при использовании бесплатных программных продуктов, в частности, UMN MapServer и CartoWeb. Данный web-сервис доступен в сети Интернет по адресу <http://biodiversity.ikd.kiev.ua> (рис. 2).

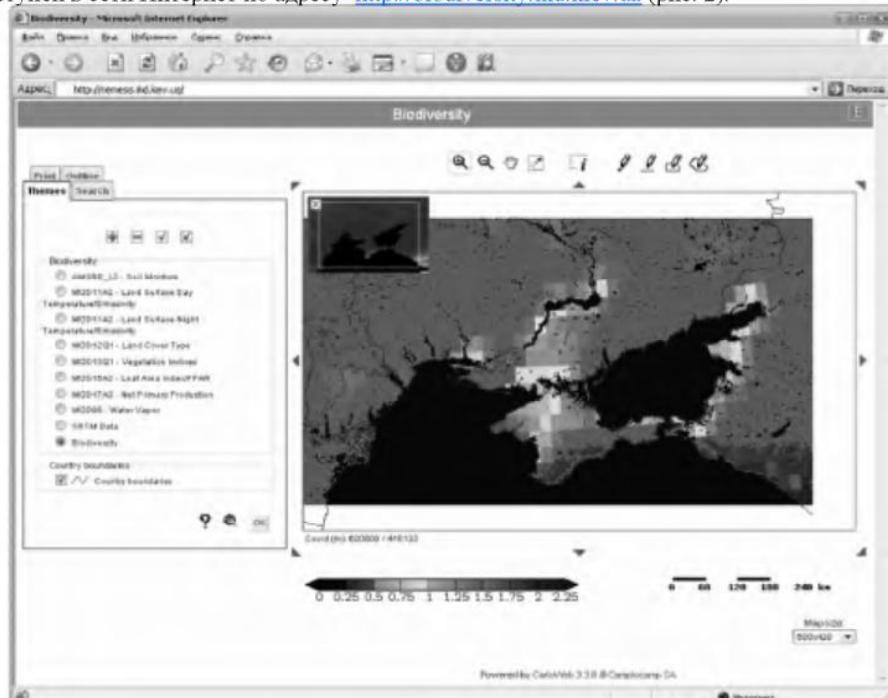


Рис.2. Интерфейс демонстрационного web-сервиса оценивания биоразнообразия Причерноморского региона Украины с использованием продуктов EOS

ВЫВОДЫ

В статье описан подход к оценке и картированию биоразнообразия территорий с использованием данных ДЗЗ. Данный подход разрабатывался для Причерноморского региона Украины, но, в целом, он может быть применен к любому другому региону. Разработанный web-сервис обеспечивает оперативный мониторинг биоразнообразия Причерноморского региона и позволяет проследить изменения количественного показателя биоразнообразия во времени и пространстве. Это, в свою очередь, даёт возможность получить объективную информацию о состоянии окружающей среды данного региона, которая необходима для принятия решений в области управления природными ресурсами.

Перспектива дальнейших работ связана с использованием данных ДЗЗ среднего и высокого пространственного разрешения для повышения точности результатов, представляемых на разработанном сервисе. При этом будут использованы многоспектральные космические снимки Landsat/ETM+ и ASTER, а также радиолокационные данные (SAR) и результаты моделирования влажности

почвы. Для отображения и прогноза изменений в экосистемах необходимо проводить долгосрочный анализ временных рядов предложенного индекса биоразнообразия.

Предложенный подход к оценке биоразнообразия с использованием многоспектральных данных ДЗЗ имеет широкие перспективы практического применения на Украине и может стать определенным вкладом в создание и развитие украинского сегмента GEOSS.

Список литературы

1. Turner, W., Spector, S., Gardiner, N., Fladeland, M., Sterling, E., and Steininger, M. Remote Sensing for Biodiversity and Conservation. *Trends in Ecology and Evolution*, 2003. - Vol. 18(6).- P.306-314
2. География и мониторинг биоразнообразия. - М.: Изд-во Научного и учебно-методического центра, 2002.- 432 с.
3. Киселев А.Н. Оценка и картографирование биологического разнообразия (на примере Приморья) // Геоботаническое картографирование, 2000. - Т. 3. - С. 3-15.
4. Выработка приоритетов: новый подход к сохранению биоразнообразия в Крыму. Результаты программы “Оценка необходимости сохранения биоразнообразия в Крыму”, осуществленной при содействии Программы поддержки биоразнообразия BSP.- Вашингтон, 1999. - 257 с.
5. Уиттекер Р. Сообщества и экосистемы. - М.: Прогресс, 1980. - 328 с.
6. Lillesand T.M., Kiefer R.W., Chipman, J.W. *Remote Sensing and Image Interpretation*.- Hoboken: John Wiley, 2004.
7. EOS Data Products Handbook / Ed. by C.L. Parkinson and R. Greenstone. - Greenbelt: NASA Goddard Space Flight Center, 2004.
8. Rodriguez, E., Morris, C.S., Belz, J.E., Chapin, E.C., Martin, J.M., Daffer, W., & Hensley S. An Assessment of the SRTM Topographic Products. Jet Propulsion Laboratory Technical Report D-31639. Pasadena: JPL, 2005.
9. Klir, G.J., St. Clair, U.H., Yuan, B. *Fuzzy Set Theory: Foundations and Applications*. Englewood Cliffs: Prentice-Hall, 1997.

Попов М.О., Куссуль Н.М., Станкевич С.А., Козлова А.О., Шелестов А.Ю., Корбаков М.Б., Кравченко О.М. Картування біорізноманіття Причорноморського регіону України з використанням дистанційних даних, реалізоване у формі автоматично поновлюваного web-сервісу // Вчені записки Таврійського національного університету ім. В. І. Вернадського. – 2008. – Серія «Географія». – Т. 21 (60). – № 1. – С. 120-126

В статті викладено підхід до оцінювання і картування біорізноманіття територій з використанням дистанційних даних. У запропонованому підході використано нечітко-логічну модель, основану на екологічних факторах, які впливають на біорізноманіття. Даний підхід реалізовано для Причорноморського регіону України у формі web-сервісу, який автоматично поновлюється і доступний через Інтернет.

Ключові слова: індекс потенційного різноманіття, дані дистанційного зондування, Причорноморський регіон України, автоматично поновлюваний web-сервіс.

Popov M.A., Kussul N.N., Stankevich S.A., Kozlova A.A., Shelestov A.Yu., Korbakov M.B., Kravchenko O.M. Biodiversity Assessment Using Remote Sensing Data Implemented as Automatically Updated Web-service for the Pre-Black Sea Region of Ukraine // Uchenye zapiski Tavricheskogo Natsionalnogo Universiteta im. V.I. Vernadskogo. – 2008. – Series «Geography». – V. 21 (60). – № 1. – P. 120-126

This paper describes technique for assessment and mapping of land biodiversity using remote sensing data. The proposed approach uses fuzzy model based on different ecological drivers that influence on biodiversity. The approach is implemented for the Pre-Black Sea region of Ukraine as the automatically updated web-service accessible via Internet.

Keywords: Potential Biodiversity Index, Remote Sensing Data Product, Pre-Black Sea Region of Ukraine, Automatically Updated Web-service.

Поступила в редакцию 25.04.2008 г.