



ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЕ ЗАВТРА: РЕФЕРАТЫ-ПРОСПЕКТЫ МАГИСТЕРСКИХ ДИССЕРТАЦИЙ

ИННОВАЦИИ В КОМПЬЮТЕРНОМ МОДЕЛИРОВАНИИ

УДК 528.8 : 528.914
ББК 26.17

ОБРАБОТКА И АНАЛИЗ ДАННЫХ MODIS О ВЕГЕТАТИВНЫХ ИНДЕКСАХ НА ТЕРРИТОРИИ ВОЛГО-АХТУБИНСКОЙ ПОЙМЫ

И.И. Клиточенко

Актуальность. В настоящее время достаточно широко обсуждается экологическая обстановка в Волго-Ахтубинской пойме (ВАП). Существует ряд факторов, в том числе климатических, которые определяют ее состояние. Периодически повторяющийся влагодефицит в засушливые и маловодные годы является одним из наиболее опасных явлений, приводящих к негативным экологическим последствиям. Натурные наблюдения на местности не могут обеспечить комплексную, интегральную оценку экологического состояния ВАП. Поэтому использование данных спутникового дистанционного зондирования Земли, позволяющее обеспечить практически непрерывный мониторинг атмосферы, земной и водной поверхностей, является актуальной задачей.

Для отслеживания динамики растительного покрова широко используется нормализованный относительный индекс растительности (Normalized Difference Vegetation Index, далее – NDVI) – показатель количества фотосинтетически активной биомассы (обычно называемый вегетационным индек-

сом) [5; 6]. Этот параметр может непосредственно характеризовать состояние поймы.

Цель и задачи исследования. Целью данного исследования является изучение динамики NDVI как одного из важных параметров, описывающих состояние ВАП. Для достижения этой цели необходимо решить ряд задач:

1. Рассмотреть имеющиеся источники данных спутникового дистанционного зондирования Земли (далее – ДЗЗ), содержащие сведения об NDVI.

2. Получить данные из выбранного источника.

3. Разработать алгоритмы обработки данных ДЗЗ.

4. Провести первичную статистическую обработку полученных данных.

5. Создать тематические карты распределения NDVI для ВАП.

6. Проанализировать динамику NDVI в ВАП за последние пять лет.

Новизна и достоверность предложенных методов и решений. В работе получены следующие результаты:

1. Разработан и успешно апробирован алгоритм географической привязки данных в файлах MODIS MOD13.

2. Изучена и проанализирована динамика NDVI для территории ВАП за последние пять лет.

3. Построены тематические карты, наглядно показывающие распределение NDVI в ВАП.

Достоверность полученных результатов обусловлена применением строгих статистических методов, тщательным тестированием, построенного на основе разработанного алгоритма программного комплекса, и совпадением с результатами, полученными другими методами.

Практическая и научная значимость обусловлены разработкой алгоритма географической привязки данных в файлах MODIS MOD13, что позволяет создавать тематические карты распределения NDVI с минимальными затратами. На основе этого алгоритма создан программный пакет, позволяющий автоматизировать процесс создания таких карт. Полученные результаты статистической обработки данных могут быть использованы для комплексного анализа эколого-климатической обстановки в ВАП.

Положения, выносимые на защиту.

1. Разработан и успешно апробирован алгоритм географической привязки данных в файлах MODIS MOD13.

2. Показано, что полученные значения индекса NDVI для ВАП в целом соответствуют разреженной растительности, причем максимальные значения индекса наблюдались в мае 2008 г., а минимальные – в июле 2007 года.

Объем и структура диссертации.

Диссертация состоит из введения, трех основных разделов, заключения и списка литературы. Общий объем диссертации составляет 52 страницы, включает в себя 18 рисунков и список литературы из 41 источника.

Реферативное изложение содержания работы.

Во введении обосновывается актуальность работы, указываются цели и задачи исследования, описываются новизна и достоверность предложенных методов и решений, указываются практическая и научная значимость, описываются объем и структура дис-

сертации, приводится список работ по теме и апробация работы.

Первый раздел посвящен общему описанию ситуации в ВАП и методах ее мониторинга, здесь же приведен литературный обзор и обзор источников данных ДЗЗ.

Для анализа ситуации в ВАП были выбраны свободно доступные данные наблюдений электронно-оптического спектрометра MODIS, установленного на спутниках NASA серии EOS (Terra и Aqua). Этот прибор обеспечивает дистанционное зондирование Земли в 36 различных полосах спектра, что позволяет получать информацию о различных свойствах облаков, атмосферы, земной и водной поверхностей.

Данные MODIS/Terra и MODIS/Aqua доступны как в необработанном виде, так и в виде разнообразных продуктов MODIS (на сегодняшний день – 34 наименования), сгруппированных в несколько уровней. Продукты MODIS содержат данные о вегетативных индексах, атмосферных аэрозолях, водяных парах, термических аномалиях и др. Необработанные данные MODIS доступны практически за каждые сутки с момента запуска спутников, обработанные данные в виде продуктов MODIS – около одного раза в неделю; пространственное разрешение варьируется от 250 м до 10 000 м, в зависимости от разрешения соответствующего спектрального канала прибора.

Второй раздел содержит описание разработанного алгоритма для географической привязки данных MODIS, описание процедур статистической обработки полученных данных и построения тематических карт. Для построения тематических карт и первичной статистической обработки данных по NDVI были использованы следующие продукты MOD13Q1.005 и MYD13Q1.005 – Gridded Vegetation Indices (разрешение 250x250 м, доступны через интерактивный интерфейс на веб-сайте NASA https://lpdaac.usgs.gov/lpdaac/get_data/data_pool). Префиксы «MOD» и «MYD» относятся к данным, полученным со спутников Terra и Aqua, соответственно.

В нашей работе рассмотрены данные за промежуток времени с 2005 г. по 2010 г. в период наиболее активной вегетации – с мая по июль каждого года [1–4].

Продукты MODIS доступны в виде файлов формата HDF-EOS, являющегося расширением формата HDF (hierarchical data format – иерархический формат данных), широко используемого для обмена научными данными. В файлах продукта MOD13Q1, содержащих сведения о распределении вегетативных индексов в виде массивов данных, географическая привязка организована следующим образом: в них хранятся координаты вершин четырехугольника, соответствующего территории наблюдений (более обширной, чем территория ВАП). На рисунке 1 схематично изображена структура файла MOD13Q1 с указанием диапазона значений индексов и географических координат.

Для географической привязки нужно установить соответствие между индексами каждого элемента массива и координатами.

Опишем алгоритм поиска индексов i, j элемента массива для точки с заданными координатами (черная точка на рис. 2).

1. Поскольку нас интересуют не все данные, хранящиеся в массиве, а только те, которые соответствуют территории ВАП, то поиск будем осуществлять только в области, соответствующей ВАП (см. рис. 2).

2. Как показано на рисунке 1, делим данную область на четыре части и выясняем, в какую из них попала заданная точка.

3. Повторяем шаг 2 до тех пор, пока не найдем соответствующие заданной точке индексы i, j .

Особенностью наборов данных в продуктах MODIS является наличие «значений заполнения»: в массивах данных есть элементы, для которых значения наблюдаемой величины по каким-то причинам не удалось получить (например, для индекса NDVI – это те элементы, которые соответствуют водоемам). Значения таких элементов приравниваются некоторому заранее заданному значению заполнения, не попадающему в диапазон значений наблюдаемой величины. Для расчета статистичес-

ких характеристик такие элементы мы не учитывали.

Кроме того, данные в продуктах MODIS хранятся в целочисленном виде, вследствие чего необходима их нормировка для получения числовых значений в принятых для них единицах измерения. Такая нормировка осуществляется следующим образом:

$$value = scalefactor (storedvalue - addoffset),$$

где $value$ – отнормированное значение элемента набора данных, $scalefactor$, $addoffset$ – переменные масштабирования и сдвига, определенные в hdf-файле для каждого набора данных, $storedvalue$ – значение, непосредственно хранящееся в hdf-файле.

Полученные нами значения NDVI для ВАП были усреднены по пространству и по времени: для всей территории поймы и за каждый выбранный месяц.

В третьем разделе содержится анализ полученных результатов. По результатам первичной статистической обработки данных самые высокие максимальные значения NDVI наблюдались в 2008 г., самые низкие – в 2007 году. Самые высокие средние значения NDVI наблюдались в 2008 г., самые низкие – в 2007 году. Самые большие стандартные отклонения значений NDVI наблюдались в 2008 г., самые маленькие – в 2007 году.

В работе для ВАП в целом получены средние значения и дисперсия NDVI индекса. Полученные значения индекса NDVI соответствуют разреженной растительности, причем максимальные значения индекса наблюдались в мае, а минимальные – в июле.

В заключении сформулированы основные положения, выносимые на защиту.

Работа выполнена при финансовой поддержке ГК 02.740.11.5198 от 12.03.2010 г. и грантов РФФИ 110597044p_поволжье_a, 110700660a.

Автор признателен К.М. Фирсову за полезные обсуждения работы и ценные замечания.

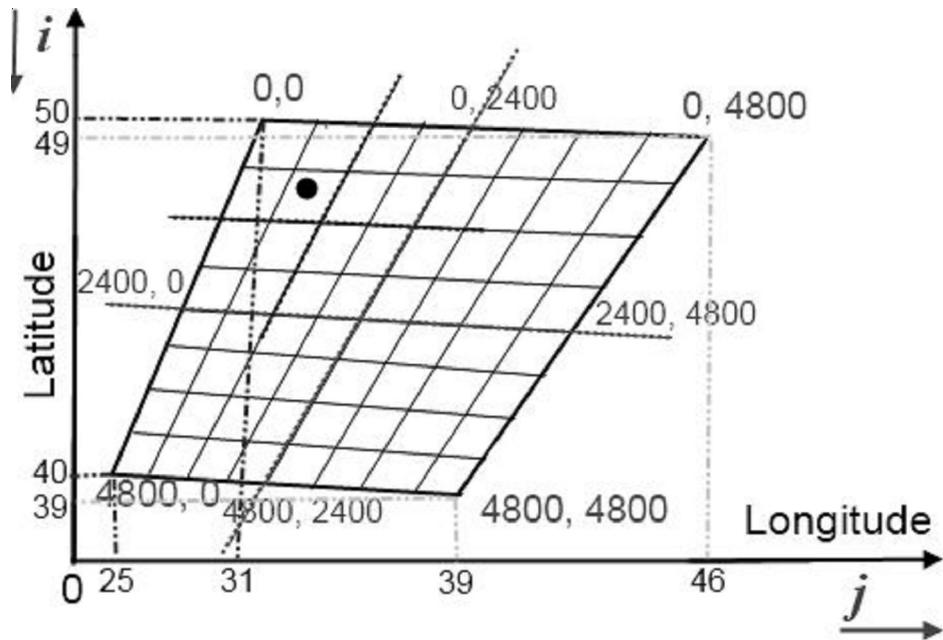


Рис. 1. Схема поиска соответствия значений координат и индексов элементов массива данных

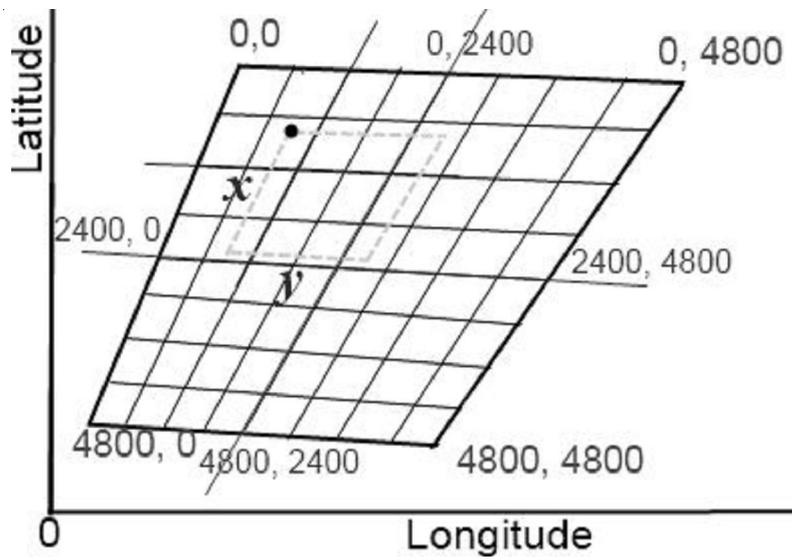


Рис. 2. Область поиска значений индексов в массиве данных

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Earth Observation System (EOS) Data Products Handbook. – Vol. 1. – Greenbelt Maryland : NASA Goddard Space Flight Center, 2003. – 260 p.
2. Earth Observation System (EOS) Data Products Handbook. – Vol. 2. – Greenbelt Maryland : NASA Goddard Space Flight Center, 2003. – 253 p.
3. HDF4 User's Guide / The HDF Group (THG) Release 2.5. – Greenbelt Maryland : NASA Goddard Space Flight Center, 2010. – 521 p.
4. Huete, A. MODIS Vegetation Index (MOD 13) Algorithm Theoretical Basis Document / A. Huete, C. Justice, W. van Leeuwen. – Greenbelt Maryland : NASA Goddard Space Flight Center, 1999. – 120 p.
5. Бурцев, М. А. Построение архива спутниковых данных для анализа динамики растительности / М. А. Бурцев // Современные проблемы дистанционного зондирования земли из космоса (Физические основы, методы и технологии мониторинга окружающей среды, потенциально опасных явлений и объектов) : сб. науч. стат. – Вып. 3, Т. 1. – М. : ООО «Азбука-2000», 2006. – С. 170–174.
6. Нейштадт, И. А. Построение безоблачных композитных спутниковых изображений MODIS для мониторинга растительности / И. А. Нейштадт // Современные проблемы дистанционного зондирования земли из космоса (Физические основы, методы и технологии мониторинга окружающей среды, потенциально опасных явлений и объектов) : сб. науч. стат. – Вып. 3, Т. 2. – М. : ООО «Азбука-2000», 2006. – С. 359–365.