

Изучение динамики NDVI посевов сельскохозяйственных культур на территории Красноярского края и республики Хакасия

И.Ю. Пугачева, А.П. Шевырногов

*Институт биофизики СО РАН
660036, Красноярск, Академгородок 50.50
E-mail: irina.pugacheva@mail.ru*

В данной работе приведены результаты изучения динамики вегетационного индекса NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) для идентификации и картографирования наземной растительности по спутниковым данным Terra Modis. Получена и проанализирована динамика NDVI разных видов сельскохозяйственных посевов и угодий на территории юга Красноярского края и республики Хакасия в течение вегетационного периода 2006 года.

Введение

В результате многочисленных экспериментов установлено, что одним из надежных индикаторов состояния посевов является вегетационный индекс NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) [1]. Используя интенсивность отраженного света в красной и ближней инфракрасной области спектра, NDVI позволяет выделять зеленую вегетирующую растительность на фоне других природных образований, в особенности почвы и сухой растительности [2].

Одномоментные (однодневные) значения NDVI позволяют четко отделять и анализировать растительные объекты от прочих природных объектов, тогда как идентификация и классификация разных типов растительности становится затруднительной, и не является эффективной. В связи с этим, в качестве основы для идентификации и картографирования растительных объектов решено использовать их различия в динамике NDVI в течение вегетационного периода.

Используемые данные

В настоящей работе использовалась спутниковая информация Terra Modis и Landsat 7 ETM+. Данные Terra/Modis, использовались для вычисления NDVI. Данные Landsat 7 ETM+ из-за более высокого пространственного разрешения наиболее пригодны для географической привязки исследуемых контуров. Успешное решение задачи мониторинга сельскохозяйственных (с/х) полей возможно при использовании практически ежесуточных данных среднего пространственного разрешения (150-250м) [1]. В связи с этим использовались спутниковые данные, полученные в красном (620-670 нм) и ближнем инфракрасном (841-876 нм) каналах с пространственным разрешением 250 м (продукт MOD09GQK) спутника Terra/Modis. Для детектирования территорий покрытых облаками и тенями от облаков использовалась спутниковая информация 1, 2, 3, 5, 6 каналов спутника Terra/Modis с пространственным разрешением 500м. Чтобы охватить весь вегетационный период с/х полей на территории Красноярского края и республики Хакасия использовались снимки Terra/Modis за период с 10 мая по 10 сентября 2006г. Информация о положении спутника и солнца извлекалась из продуктов MODMGGAD. Для географической привязки исследуемых контуров использовалась пространственная информация снимка, полученного 4 сентября 2001 года спутником Landsat7 ETM+ с пространственным разрешением 30 м.

Алгоритм предварительной обработки

Обработка спутниковых снимков Terra/Modis проводилась поэтапно.

1. С помощью программы MODIS Reprojection Tool производилось преобразование проекции снимков MOD09GQK из псевдоцилиндрической синусоидальной проекции (ISIN) в равноугольную поперечно-цилиндрическую проекцию Меркатора (Transverse Mercator). Одновременно осуществлялся перевод из формата HDF в формат GeoTIFF.

2. Используя возможности ENVI 4.0 процедуры Band Math и классификации типа «дерево решений» производится построение маски выпавших значений.

2.1. Из исходных спутниковых данных исключалась информация, полученная при зенитных углах наблюдения более 40°.

2.2. Обеспечение возможности анализа развития растительности по спутниковым данным сопряжено с необходимостью построения временных рядов данных наблюдений, очищенных от влияния ряда негативных факторов, к числу которых, прежде всего, относится наличие облачного покрова и теней от облаков. Идентификация облаков основывалась на спектральных данных 1, 2, 3, 5, 6 каналов Terra/Modis. Для построения масок облаков разработана классификация типа «дерево решений» в программной среде ENVI. Многоступенчатая классификация, на основании бинарных условий, относит каждый пиксель изображения к тому или иному классу. В качестве условий (узлов дерева) выступают: нормализованный разностный индекс снега NDSI [3], значения спектральных данных 1, 2, 5 каналов Terra/Modis [4].

Тематическая обработка спутниковых данных

Важным индикатором, характеризующим физиологическое состояние, динамику фитопигментов и биологическую продуктивность растений является Normalized Difference Vegetation Index. Для спутниковых данных Terra/Modis NDVI вычисляется по следующей формуле:

$$NDVI = (\rho_{NIR} - \rho_{red}) / (\rho_{NIR} + \rho_{red}) \quad (1)$$

где ρ_{NIR} , ρ_{red} - коэффициенты спектральной яркости в ближней инфракрасной (841 - 876 нм) и красной (620 - 670 нм) зонах.

В видимом диапазоне ($\lambda = 400 \div 700$ нм) отражение излучения растений связано с концентрацией пигментов (в основном, хлорофилла и каротиноидов). При этом до 95% вариаций значений ρ в видимом диапазоне обусловлено изменением содержания хлорофилла. В ближнем инфракрасном диапазоне ($\lambda = 700 \div 1300$ нм) отражение излучения определяется преимущественно внутренней структурой тканей фитоэлементов [5, 6].

Изучение динамики NDVI растений в течение вегетационного периода

Процесс роста и созревания разных видов растений имеет свои особенности, связанные с различным распределением их зеленой массы во времени. Поэтому возможно разделение типов растительности на основе изучения значений вегетационных индексов в различные периоды вегетации, построенных по космическим изображениям.

Если схематично изобразить динамику NDVI растений в течение периода вегетации, как представлено на рис. 1, и в качестве параметров, характеризующих форму кривой, выбрать:

- угол наклона кривой NDVI в период роста и развития вегетативных органов (G),
- максимальное значение NDVI в течение всего периода вегетации (M),
- угол наклона кривой NDVI в период созревания и плодоношения (R),

то этими параметрами можно характеризовать состояние растительного покрова, в том числе разделять растительный покров по типам.

Расчет параметров G и R в указанные периоды основывается на нахождении угла наклона прямой, которая наилучшим образом проходит через множество точек кривой NDVI (вычисленной по методу наименьших квадратов).

Первым этапом тематической обработки являлось построение ежедневных карт NDVI по данным красного и ближнего инфракрасного каналов с пространственным разрешением 250 м

спутника Terra/Modis. Далее на ежедневные карты NDVI накладывалась маска выпавших значений, и полученные данные экспортировались в специально разработанный автором модуль к ENVI на языке IDL, который производит вычисление выше указанных параметров G, M, R.

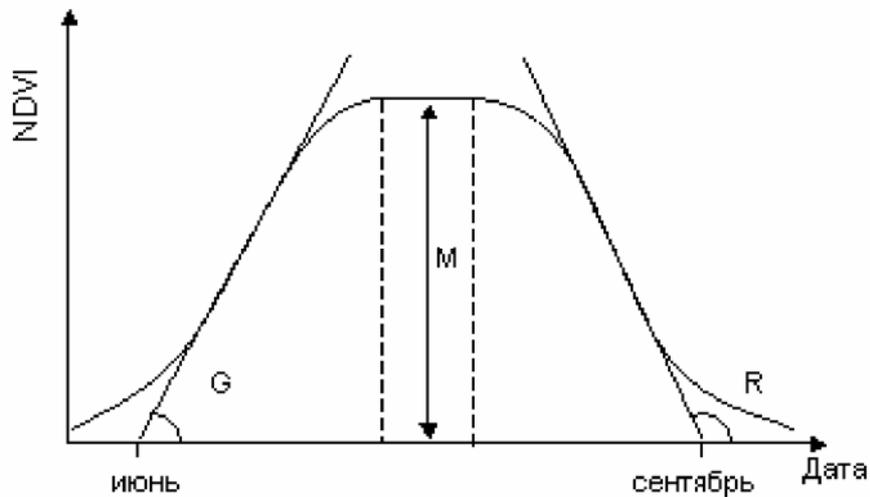


Рис. 1. График зависимости NDVI растительного покрова от времени

Результаты

Для демонстрации работы описанного выше алгоритма проведена обработка данных спутника Terra Modis на территории юга Красноярского края и республики Хакасия в течение вегетационного периода 2006 г. Фрагмент композитного изображения, полученного путем синтеза RGB значений параметров G, M, R, представлен на рис. 2.

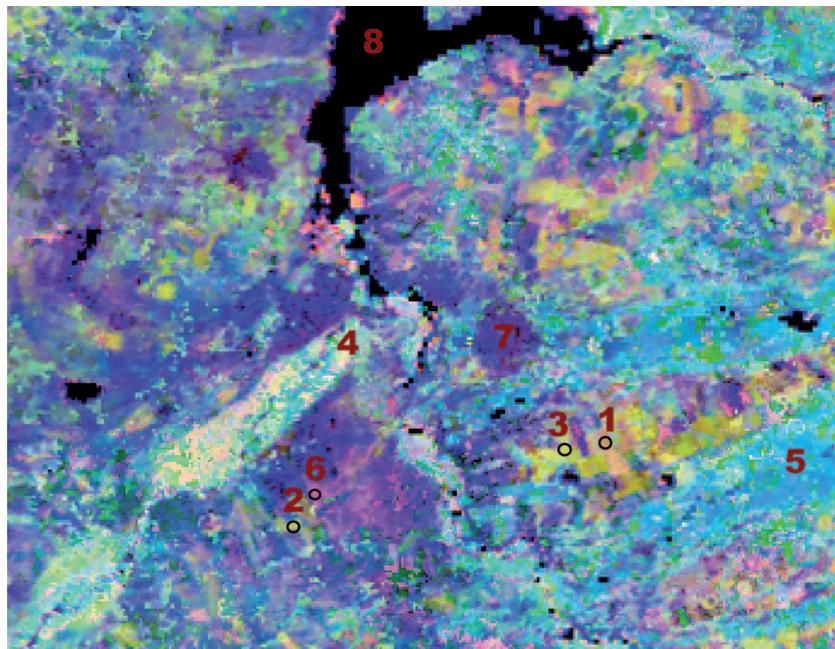


Рис. 2. Фрагмент композитного изображения юга Красноярского края и северо-восточной части республики Хакасия, полученного путем синтеза RGB (G: M: R) (интерпретация числовых обозначений в тексте)

В результате сравнения композитного изображения с данными полевых исследований [7] и топографическими картами этих же районов, на изображении можно выделить следующие классы земной поверхности:

- посевы с/х культур:
 - гречихи (1),
 - овса (2),
 - пшеницы (3),
- пойменные луга в комплексе с кустарниками, ивняками, тополевыми (4);
- сосновые боры (5);
- сообщества люцерны и злаков (6);
- населенные пункты (7);
- водная поверхность (8).

Для детального анализа композитного изображения выбран тестовый участок в районе озера Соленое, расположенного на территории Аскизского района республики Хакасия. По данным полевых исследований [7] и данным картосхемы землепользования Аскизского района республики Хакасия, на полученном композитном изображении (рис. 3) выделяются следующие классы земной поверхности:

- пойменные луга в комплексе с кустарниками, ивняками, тополевыми (1);
- заболоченные участки остепненного характера (2);
- каменистые степи (3);
- крупно-дерновинные степи (4);
- залежи разных возрастов:
 - бурьянистая залежь (5),
 - костречовая залежь (6),
- посев овса (7);
- водная поверхность (8).

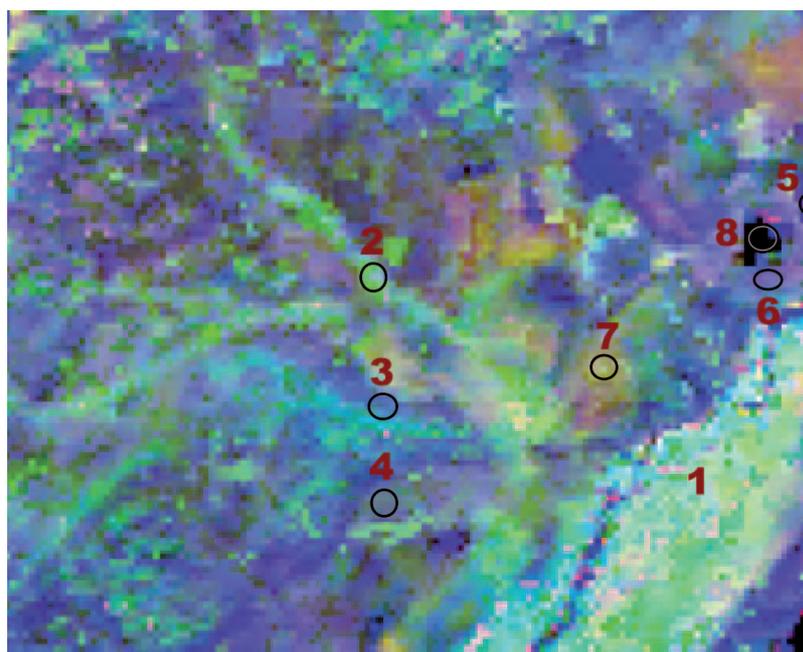


Рис. 3. Фрагмент композитного изображения района озера Соленое Аскизского района республики Хакасия, полученного путем синтеза RGB (G: M: R) (интерпретация числовых обозначений в тексте)

Результаты исследований показывают, что разработанная методика позволяет проводить идентификацию и классификацию разных типов растительности по спутниковым изображениям. И тем самым, дает возможность значительно сократить выполнение наземных экспериментальных работ и оперативно проводить крупномасштабное картографирование сельскохозяйственных угодий и других земельных участков.

Работа выполнена при поддержке гранта ККФН-РФФИ (грант 07 – 05 – 96807).

Литература

1. Повх В.И., Гарбузов Г.П., Шляхова Л.А. Космический мониторинг сельскохозяйственных угодий Ростовской области // Исследование Земли из космоса, 2006. №3. С. 89-96.
2. Виноградов Б.В. Аэрокосмический мониторинг экосистем // М.: Наука, 1984. 320 с.
3. Барталев С.А., Луян Е.А., Нейштадт И.А., Савин И.Ю. Классификация некоторых типов сельскохозяйственных посевов в южных регионах России по спутниковым данным Modis // Исследование Земли из космоса, 2006. №3. С. 68-75.
4. Steve Ackerman, Kathleen Strabala, Paul Menzel, Richard Frey, Chris Moeller, Liam Gumley, Bryan Baum, Suzanne Wetze Seeman and Hong Zhang. Discriminating clear-sky from cloud with modis algorithm theoretical basis document (mod35). October 2002
5. Выгодская Н.Н., Горшкова И.И. Теория и эксперимент в дистанционных исследованиях растительности Л.: Гидрометеиздат, 1987. 248 с.
6. Сидько А.Ф., Шевырнов А.П. Спектральная яркость растений, как основа дистанционной диагностики посевов сельскохозяйственных культур // ДАН, 1997, Т.354, № 1. С. 120-122.
7. Шуркина А.И., Шевырнов А.П., Зоркина Т.М. Исследование современного растительного покрова республики Хакасия на основе интеграции спутниковых и наземных данных // Вестник КрасГАУ, 2007, №5, С. 65-71.