

Космический мониторинг пыльных бурь Приаралья с помощью пылевого индекса NDDI

О.П. Архипкин, Г.Н. Сагатдинова

*Институт космических исследований, МОН Республики Казахстан
050010, Казахстан, г. Алма-Ата, ул. Шевченко, 15*

E-mail: mkmikikz@rambler.ru

В работе была исследована возможность использования пылевого индекса NDDI при дешифрировании пыльных бурь по космическим снимкам для Приаральского региона. Показана применимость его для этого региона. Предложены два метода его использования.

Введение

Каждый год на территории Казахстана наблюдается большое количество пыльных бурь. Особенно активной в этом отношении является территория, прилегающая к Аральскому морю. Падение уровня воды в Аральском море и осушение значительной части дна моря привело к появлению новых мощных источников пыльных бурь. Поэтому, сразу после начала этого процесса его мониторингу и прогнозу развития уделялось большое внимание. Но в начале 90-х годов прошлого века возможности этого значительно снизились в связи со сворачиванием работ по гидрометеорологическому мониторингу, уменьшением числа метеостанций и их оснащения, резким сокращением экспедиционных работ. В какой-то мере помочь выправлению ситуации может космический мониторинг пыльных бурь.

Методы распознавания пыльных бурь на космических снимках с помощью пылевого индекса NDDI

Разработкой методик распознавания и проведением космического мониторинга пыльных бурь в ИКИ занимаются с конца 90-х годов. Базовыми ДДЗ для этих работ являются космоснимки NOAA AVHRR и MODIS, которые позволяют проводить регулярный мониторинг Аральского региона. На их базе проводится дешифрирование пыльных бурь и оценка их основных характеристик: направление выноса и длина пылевого шлейфа, площадь распространения бури, число и площадь источников выноса и др. Ранее основным был метод анализа разности двух снимков одной и той же территории: с пылевой бурей и без нее. В настоящее время исследуется возможность использования для этого различных индексов, представляющих собой некоторые сочетания спектральных каналов космического изображения.

В качестве одного из основных индексов, применяемого при проведении автоматической классификации, использовался специальный нормализованный дифференциальный пылевой индекс NDDI (normalized difference dust index), который при исследовании пыльных бурь в Северном Китае и Монголии по данным MODIS ввели китайские ученые [1]:

$$NDDI = (\rho_{2.13 \mu m} - \rho_{0.469 \mu m}) / (\rho_{2.13 \mu m} + \rho_{0.469 \mu m}),$$

где $\rho_{2.13 \mu m}$ и $\rho_{0.469 \mu m}$ отражательная способность в $2,13 \mu m$ и $0,469 \mu m$ каналах, соответственно.

Для исследования возможности применения его к условиям Казахстана был проведен анализ спектральных характеристик данных Тетра MODIS различных характерных типов объектов: облака (два типа), Аральское море, обычная подстилающая поверхность, пустыня, пыльная буря, солевая поверхность. Анализ проводился по всем каналам MODIS в диапазоне от $0,469$ до $2,13 \mu m$. При этом все каналы были приведены к километровому разрешению и расположены в порядке возрастания длины волны. Отражательная способность указанных выше объектов показана на

рис. 1. Из них видно, что и для условий Казахстана мы можем с помощью пылевого индекса NDDI отделить пыльные бури и песчаные зоны от водных объектов, облаков и других объектов.

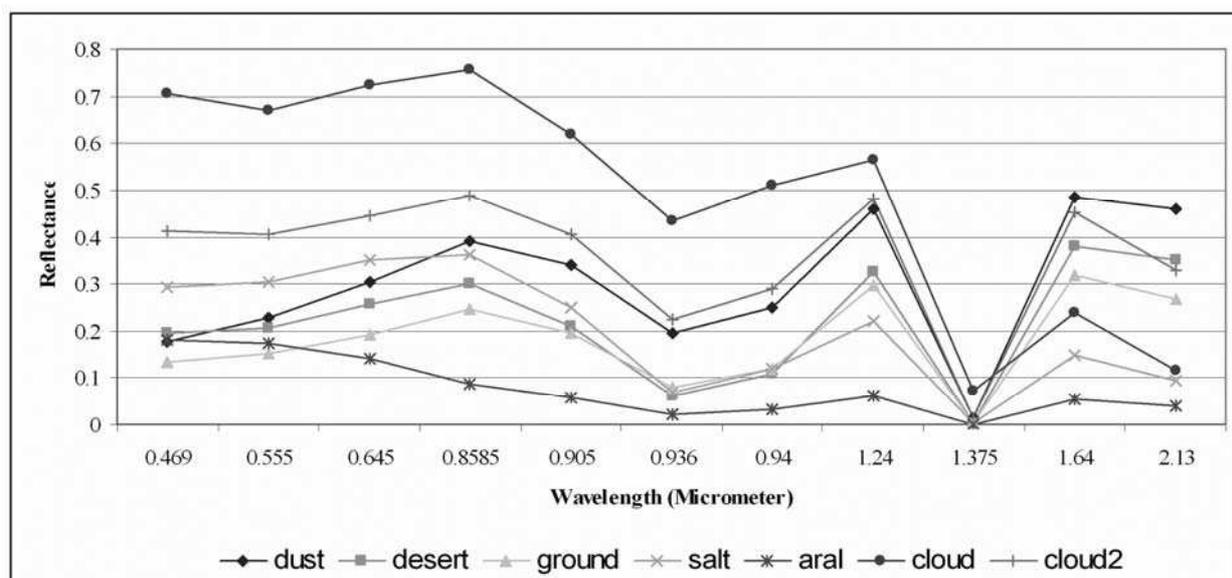


Рис. 1. Спектральные характеристики воды, облаков, подстилающей поверхности, пыльной бури и т.д. в спектральном диапазоне от 0,4 до 2,13 мкм

Для отделения масс песка находящихся в воздухе от наземных можно также использовать индекс NDDI, так как пыльные бури имеют наибольшее значение по сравнению с другими объектами. Но можно использовать температурные характеристики: песок, находящийся в воздухе холодней находящегося на поверхности.

Используя указанные выше закономерности для дешифрирования пыльных бурь, проводим двухступенчатую классификацию: вначале с помощью индекса NDDI отделяем песчаные массы (воздушные и наземные) от водных объектов и облаков, а затем по температурным характеристикам выделяем пыльные бури (рис. 2). В результате проведения такой автоматической классификации мы получаем вектор, характеризующий зону распространения бури. Этот вектор можно накладывать на специальные тематические картографические слои ГИС, в частности на почвенные карты.

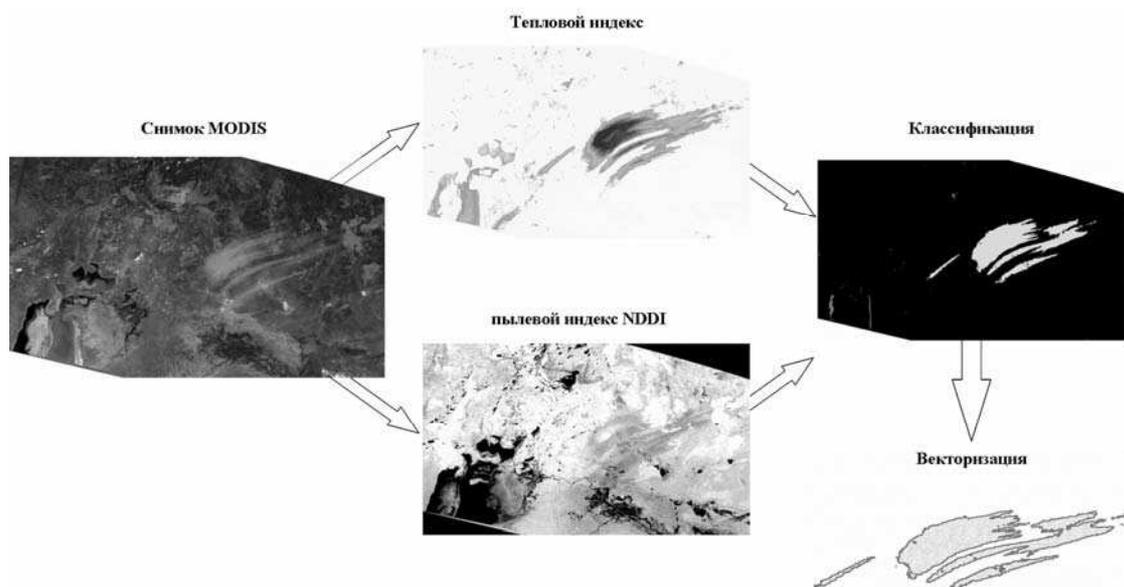


Рис. 2. Технологическая схема алгоритма выделения пыльных бурь

Аналогичным образом проводится автоматическая классификация и для данных NOAA AVHRR. Только вместо пылевого индекса используется индекс VIS/NIR, где VIS – данные первого (видимого), а NIR - второго (ближнего инфракрасного) каналов NOAA AVHRR. Возможность использования этого индекса для дешифрирования пыльных бурь также исследована в работе [1].

Описанная выше автоматическая классификация позволяет выделить основной район пыльных бурь. Для выделения более тонкой структуры пыльных бурь была исследована возможность проведения классификации основных объектов с помощью RGB-синтеза различных индексов, представляющих собой комбинации каналов. Наилучшие результаты получены при RGB-синтезе пылевого индекса NDDI, тепловых и видимых каналов. Такая классификация позволяет достаточно хорошо выделять пыльные бури с сохранением их основной структуры.

При разработке методики анализировались три различных типа источников пыльных бурь: естественный пустынный, солевой с высохшего дна Арала и техногенный, образовавшийся на месте степного пожара. Для второго типа рассмотрены два случая: буря простирается только над земной поверхностью, буря простирается и над водной поверхностью Аральского моря. Результат двух указанных выше автоматических классификаций для техногенного типа источников пыльных бурь представлен на рис. 3.

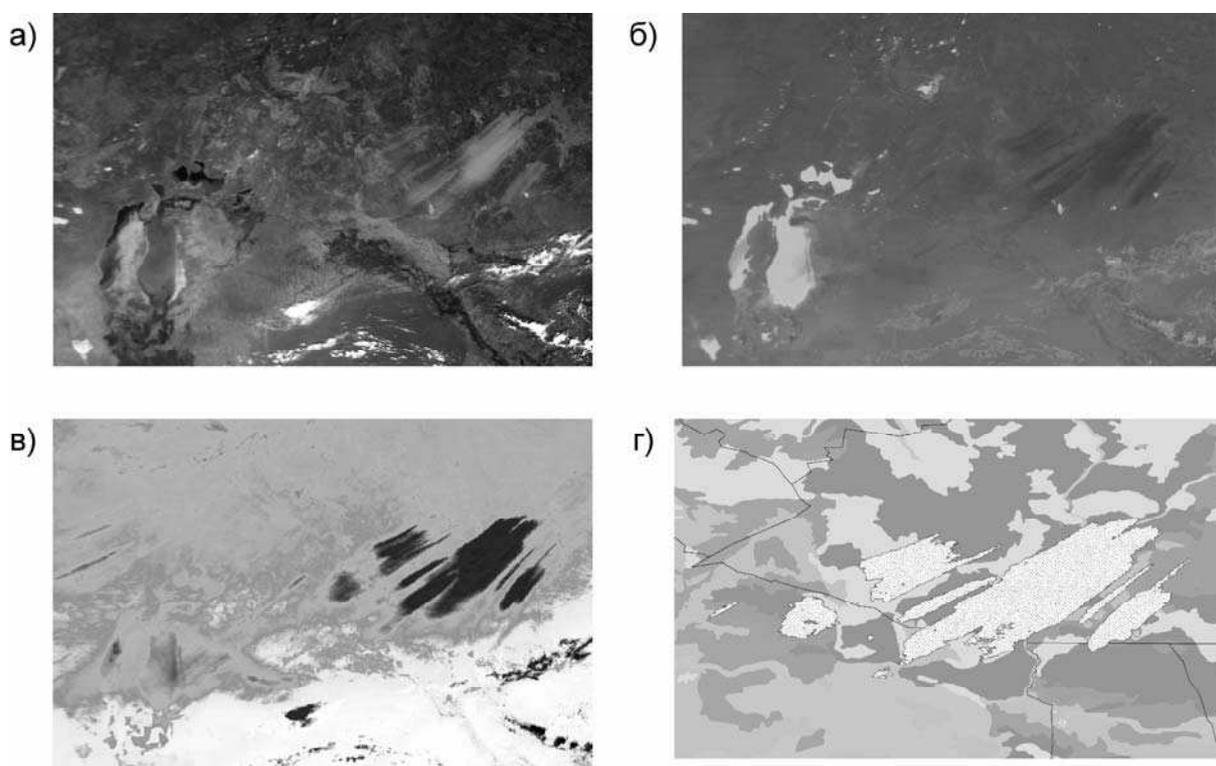


Рис. 3. Результаты обработки данных Terra MODIS за 11 августа 2005 года а) RGB 143; б) RGB-синтез пылевого индекса NDDI, тепловых и видимых каналов для данных MODIS; в) тепловой индекс; г) вектор пыльной бури, наложенный на почвенную карту

Практическое использование методики

Описанная выше методика была применена для исследования с помощью данных дистанционного зондирования Земли динамики пыльных бурь в Приаралье в 2005-2007 годах. С ее помощью в результате различной тематической обработки выделяются зоны, охваченные пыльными бурями, и определяются некоторые основные параметры, их характеризующие, которые заносятся в соответствующую базу данных по эпизодам пыльных бурь, зафиксированных по космическим снимкам. Краткое описание основных таких параметров, определяемых при анализе космических снимков, приведено в таблице 1.

Таблица 1. Структура базы данных эпизодов пыльных бурь, зафиксированных по космическим снимкам

<i>Наименование</i>	<i>Краткая характеристика</i>
Идентификатор космоснимка	Содержит информацию о космическом снимке, по результатам анализа которого получены параметры
Время фиксации	Определяется из базы космоснимков
Число источников выноса пылевых шлейфов	Определяются из анализа геометрической структуры пыльной бури, может быть как точечным, так и площадным объектом
Характеристика каждого очага	
Координатная идентификация очага	Может задаваться координатами центра зоны выноса (при возможности ее определения), координатами крайней точки или линии зоны выноса, а также точечным, линейным или полигональным объектом в координатном пространстве
Направление выноса пылевого шлейфа	Параметр, который достаточно четко определяется по космическим снимкам и описывается метеорологическими величинами (С, ССВ, СВ, ВСВ, В и т.д.) или азимутом
Длина шлейфа, км	Параметр, характеризующий наибольший линейный размер в направлении выноса
Площадь распространения бури, кв. км	Параметр, который характеризует зону, охваченную пыльными бурями
Площадь зоны источников выноса	Параметр, который характеризует зону источников пыльной бури и достаточно хорошо оценивается при наличии наземной информации, характеризующей почвенный покров в зоне пыльной бури
Динамическая связь	Содержит идентификаторы космоснимков, описывающих ту же пыльную бурю в другие моменты времени, что дает возможность проследить динамику развития бури, оценить скорость распространения ее фронта

Эта база данных также дополняется метеорологической информацией, включающей наземные данные и информацию, полученную из Интернета для времени фиксации бури по космической съемке, включая, аэрозольный индекс. Наземная информация представляет собой данные (скорость и направление ветра, температура поверхности и др.) с метеорологических станций или экспедиций.

По полученным данным проведено районирование обнаруженных по ДЗЗ пыльных бурь по времени фиксации и пространственному расположению, а также статистический анализ и классификация сезонных эпизодов пыльных бурь по периоду возникновения, площади охвата, длине и направления шлейфа.

Основные результаты

Проведенные исследования показали возможность использования пылевого индекса NDDI при дешифрировании пыльных бурь по космическим снимкам. При этом рассматривали два метода его применения. В первом, проводили двухступенчатую классификацию: вначале с помощью индекса NDDI отделяли песчаные массы (воздушные и наземные) от водных объектов и облаков, а затем по температурным характеристикам выделяли пыльные бури. Во втором, классификацию основных объектов проводили с помощью RGB-синтеза пылевого индекса NDDI, одного из тепловых и одного из индексов, полученных из видимых и ближних инфракрасных каналов. Оба метода показали достаточно хорошие результаты, имея свои плюсы и минусы.

Литература

1. John J. Qu, Xianjun Hao, Menas Kafatos, and Lingli Wang. Asian Dust Storm Monitoring Combining Terra and Aqua MODIS SRB Measurement // IEEE Geoscience and Remote Sensing Letters, vol. 3, no. 4, October 2006. P. 284-486.