

## Метод предварительной обработки сцен Landsat-5/7 с изображением снежного покрова

Е.И. Белова, Д.В. Ершов

*Федеральное государственное бюджетное учреждение науки  
Центр по проблемам экологии и продуктивности лесов РАН (ЦЭПЛ РАН)  
117997 Москва, Профсоюзная 84/32  
e-mail: belova@ifl.rssi.ru*

Для решения целого комплекса научно-исследовательских и прикладных задач необходимы актуальные карты регионального масштаба, которые вследствие наличия многолетнего архива можно создавать по данным Landsat-5/7. Максимальный уровень распознаваемости основных типов земной поверхности наилучшим образом достигается за счет использования всепогодного набора данных. Это обусловлено различиями спектральных яркостей одних и тех же объектов поверхности в различные сезоны года. Однако все периоды года сопровождаются движением воздушных масс и наличием облачного покрова в момент космической съемки. Поэтому с учетом внешних факторов (взаимное положение Солнца и космического аппарата, температура земной поверхности и облаков) необходима разработка адаптивных методов детектирования облачности и теней от нее для весенних, осенних и зимних изображений.

Работа является продолжением исследований, результаты которых представлены авторами в статье сборника 2011 года. В настоящей статье рассматриваются алгоритмы фильтрации облачности и теней от нее для весеннего, осеннего и зимнего сезонов года.

**Ключевые слова:** Landsat-5/7, фильтрация облачности, тени от облачности, NDSI, снежный покров

### Введение

Научно-исследовательская программа Landsat, осуществляемая NASA с 1972 года, является самой продолжительной в истории дистанционного зондирования Земли и исследовании природных ресурсов. За длительный период работы программы создан постоянно пополняемый архив многоканальных изображений Земли, что позволяет изучать динамику растительности, развития инфраструктуры, сельского хозяйства, влияния антропогенных факторов на экологию и многое другое. Данные бесплатно предоставляются геологической службой США (<http://www.usgs.gov/>).

В настоящее время на орбите функционируют Landsat-5, передача данных с которого прервана из-за технических неполадок в 2011 году, а также спутник Landsat-7, передающий информацию с потерей данных вследствие неисправности оборудования. В ближайшее время NASA планирует запуск нового спутника программы Landsat (<http://ldcm.nasa.gov/index.html>), который продолжит и дополнит многолетний архив, что позволит и в будущем вести работы по картографированию наземных экосистем и изучению их динамики.

Приборы TM/ETM+ Landsat-5/7 обеспечивают прием отраженного солнечного света от земной поверхности в следующих оптических диапазонах (каналах):

- 1 канал – 0,45-0,52 мкм;
- 2 канал – 0,52-0,60 мкм;
- 3 канал – 0,63-0,69 мкм;
- 4 канал – 0,75-0,90 мкм;
- 5 канал – 1,55-1,75 мкм;
- 6 канал – 10,40-12,50 мкм;
- 7 канал – 2,09-2,35 мкм;
- 8 канал – 0,52-0,90 мкм (Landsat-7).

## Данные

Для исследования возможности маскирования облачности и теней от нее были отобраны зимние, весенние и осенние изображения 2011 года с содержанием снежного покрова на территорию Костромской области (25 изображений) и южную часть Красноярского края (5 изображений). В качестве кандидатов рассматривались спутниковые изображения с облачностью не более 60% от общей площади сцены.

При маскировании облачности (Белова, Ершов, 2011) использовались ее яркостные характеристики в 1 – синем, и 6 (для ETM+ - 62) – тепловом каналах. С уменьшением высоты стояния Солнца, уменьшения суточной температуры диапазон яркостей (температур) в тепловом канале сужается, все объекты поверхности и облачность имеют близкие значения температур, поэтому детектирование облачности по данным теплового канала не всегда представляется возможным (рисунок 1).

В связи с тем, что исследуемые нами данные имеют разные температурные характеристики в тепловом канале, которые зависят от таких факторов, как географическое положение и погодные условия, то маскирование облачности и теней от нее ведется по двум разным алгоритмам. Данные со снежным покровом условно разделяются на 2 группы:

- Весенние и осенние изображения, содержащие снежный покров;
- Зимние изображения

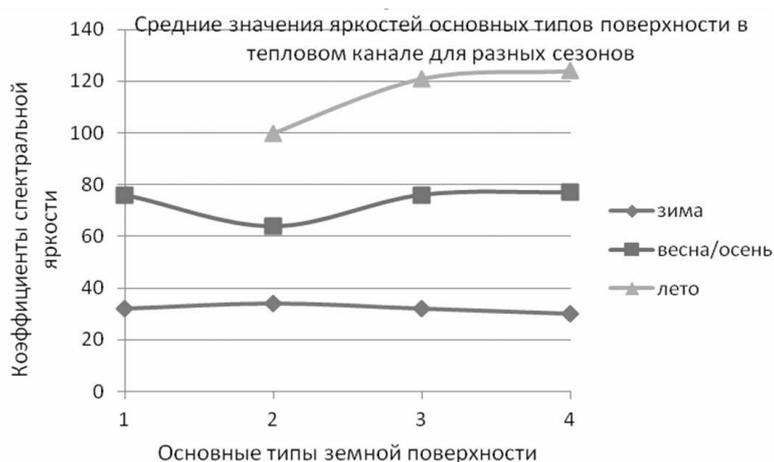


Рис. 1. Средние значения яркостей основных типов поверхности в тепловом канале для разных сезонов. Основные типы поверхности: 1 – снег, 2 – облачность, 3 – тени от облачности, 4 – лесная растительность

### Маскирование облачности и теней от нее для осенних и весенних изображений

В основу метода по выявлению пикселей, принадлежащих облачности и теням от нее, на осенних и весенних снимках со снежным покровом лег алгоритм предварительной обработки временных серий изображений Landsat-TM/ETM+ (Белова, Ершов, 2011).

При его использовании были выявлены следующие особенности, а именно:

- смешение пикселей снега и облачности;
- избыточное маскирование теней от облачности.

Для разделения пикселей снега и облачности был использован нормализованный разностный индекс снега NDSI (Hall et al., 1995).

$$NDSI = \frac{TM2 - TM5}{TM2 + TM5}, \quad (1)$$

где TM2 – спектральная яркость пикселей изображения во 2 – зеленом (0,52-0,60 мкм) канале;

TM5 – спектральная яркость пикселей изображения в 5 – среднем инфракрасном (1,55-1,75 мкм) канале.

Высокие значения спектральных яркостей снежного покрова в видимых каналах в сравнении со значениями в инфракрасных каналах дают высокие значения NDSI по отношению к другим типам поверхности и облачности. Пиксель можно отнести к снегу, если значение  $NDSI > 0,4$  (Seidel, Martines, 2004).

Для маскирования теней от облачности в базовом алгоритме для летнего сезона использовались синий (1), ИК (4) и средний ИК (7) спектральные каналы. Это было обусловлено тем, что классы «темных» объектов, к которым относятся тени от облаков, лесная растительность и вода, имели в 1 канале близкие значения яркостей, а в 4 и 7, напротив, имели максимальную разделимость, чем в остальных каналах. Поэтому отношение 1 к 4, а так же 1 к 7 каналу дали возможность автоматизировать процесс выявления теней от облаков и уменьшить процент ошибочно замешавшихся в класс пикселей.

Для исследуемых изображений, полученных с ноября по апрель включительно (временной диапазон может смещаться в зависимости от широты) из-за небольшого значения высоты стояния Солнца – менее 20°, сезонных изменений объектов поверхности (отсутствие листвы, снежный покров и т.п.) диапазоны спектральных яркостей объектов поверхности в каждом канале сужаются по сравнению с летним сезоном. Используемый для детектирования теней от облаков 7 спектральный канал в данных условиях оказался мало эффективным, т.к. все объекты местности, кроме снега и облачности, имеют в нем близкие значения спектральных яркостей, что не позволяет отделить один тип «темных» объектов от другого. В четвертом канале разделимость «темных» объектов между собой сохранилась, поэтому для фильтрации теней от облаков используется первый и четвертый спектральные каналы. Результат маскирования представлен на рисунке 2.

### **Маскирование облачности и её теней на изображениях с узким диапазоном температур в тепловом канале (зимний сезон года)**

Для исследования возможности детектирования облачности и теней от нее на изображении выделялись следующие классы объектов: снег, облачность – «светлые» объекты, тени от облачности, непокрытая снегом растительность – «темные» объекты.

Каждый класс был выделен на всех исследуемых зимних изображениях и сформирована статистика, позволяющая построить спектральный профиль вышеперечисленных классов (рисунок 3).

В результате был разработан следующий алгоритм маскирования облачности на зимних сценах:

1. Расчет индекса отношения яркостей синего и среднего ИК каналов, а именно:

$$A = \frac{V_1}{V_7}, \quad (2)$$

где  $V_1$  - яркость пикселей изображения в синем канале;

$V_7$  - яркость пикселей изображения в среднем ИК канале.

В первом канале разделимость «темных» и «светлых» объектов максимальна, гистограмма имеет две ярковыраженные моды, в седьмом канале все объекты поверхности имеют минимальные значения яркостей в сравнении с остальными спектральными каналами, гистограмма седьмого канала одномодальна и имеет самый узкий диапазон, поэтому данное отношение наиболее информативно для разделения снега и облачности от остальных объектов.

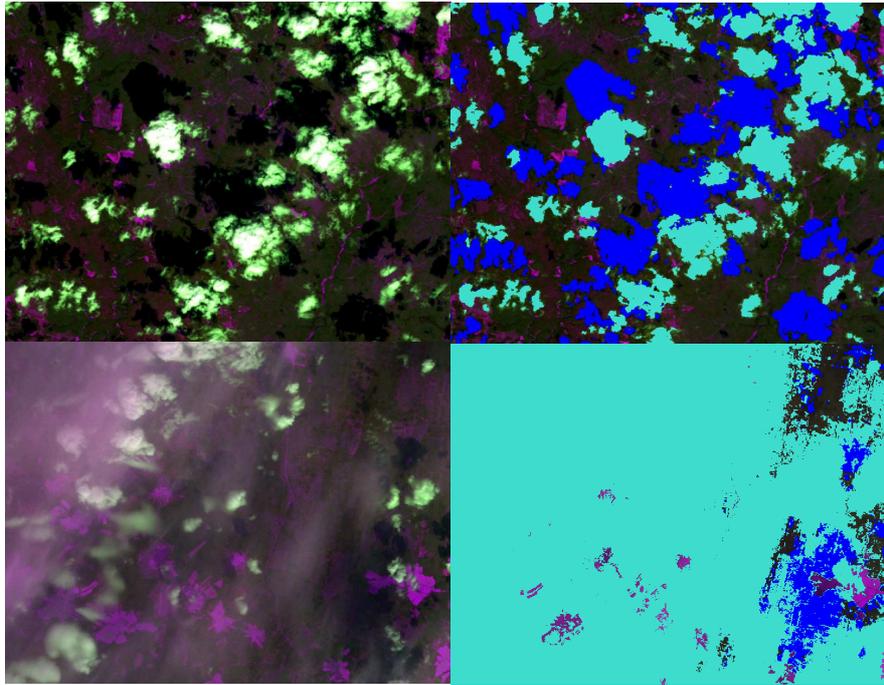


Рис. 2. Результаты маскирования облачности и теней от нее на весенних и осенних снимках. Синтез каналов: ближний ИК, средний ИК, красный. Облачность – голубой, тени от облачности – темно-синий цвет

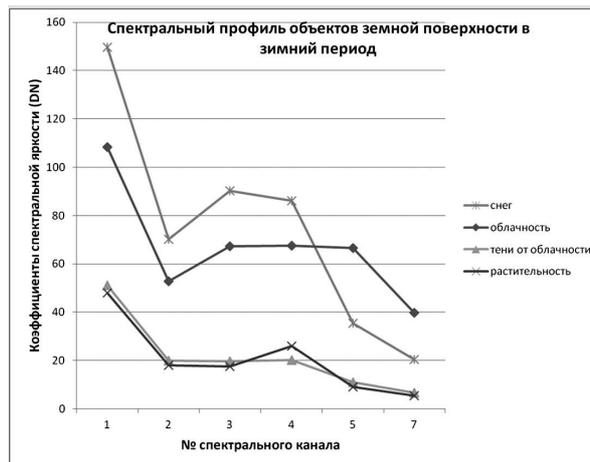


Рис. 3. Спектральный профиль объектов местности в зимний период

2. Расчет среднего значения (2) и первичная фильтрация яркостей пикселей:

$$A' = \{0, \text{если } A_i \geq 0.5 \cdot \bar{A}; \rightarrow A_i, \quad (3)$$

3. Второй этап фильтрации на основе анализа значений яркостей пикселей 7 (среднего ИК) канала:

$$B = \{0, \text{если } A' = 0; \rightarrow V_{7_i}, \quad (4)$$

$$C = \{0, \text{если } C_i < \bar{B}; \rightarrow 1, \quad (5)$$

4. Отделение снежного покрова от облачности с помощью индекс снега NDSI (1), как и в случае с весенними и осенними изображениями.

Маскирование теней от облачности проводится по той же методике, что и при детектировании теней на весенних и осенних изображениях.

Изложенный метод, к сожалению, обеспечивает детектирование лишь наиболее плотной части облачности (рисунок 4), что в свою очередь приводит к пропуску облаков слабой плотности и теней от них.

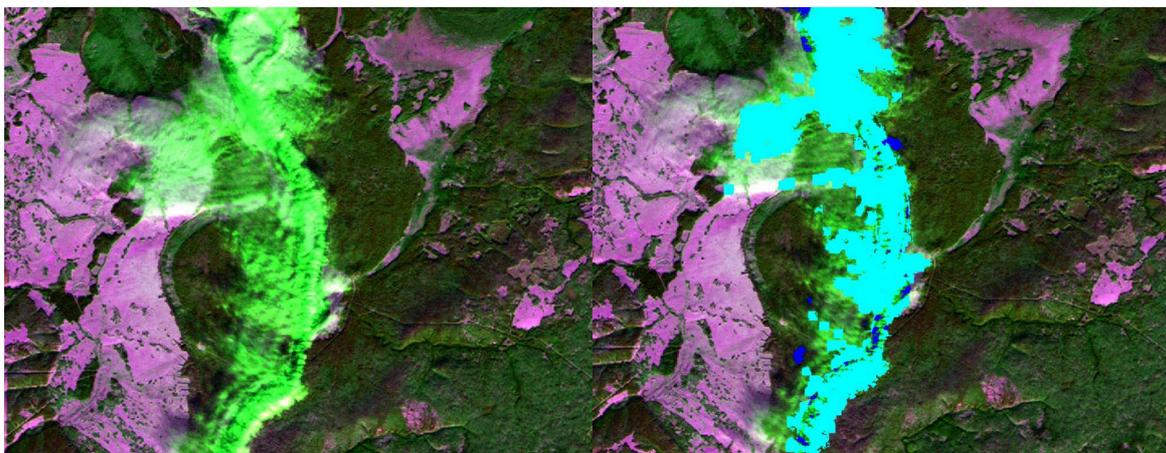


Рис. 4. Результат маскирования облачности и теней от нее на зимнем изображении: голубой – облачность, синий – тени от облачности. Синтез каналов: ближний ИК, средний ИК, красный

### Заключение

Результатом работы являются первые версии алгоритмов маскирования облачности и теней от нее для весенних и осенних изображений, зимних изображений Landsat - TM/ETM+. Методика была апробирована на данных по Калужской области и южной части Красноярского края за 2011 год. На данном этапе алгоритм маскирования для зимних изображений находится в стадии разработки для облачности меньшей плотности и размеров.

### Литература

1. Белова Е.И., Ершов Д.В. Предварительная обработка временных серий изображений Landsat-TM/ETM+ при создании безоблачных композитных изображений местности // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2011. Т. 8. №1. С. 73-82.
2. Hall D.K., Riggs G.A., Salomonson V.V. Development of Methods for Mapping Global Snow Cover Using Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer Data // REMOTE SENSING OF ENVIRONMENT, 1995, 54: 127-140.
3. Seidel K., Martinec J. Remote Sensing in Snow Hydrology: Runoff Modelling, Effect of Climate Change, Springer, 2004, 150 p.

# Preprocessing Landsat TM/ETM+ Data Sets for Creating Cloud-Free Spring, Autumn and Winter Imagery

**E.I. Belova, D.V. Ershov**

*The Russian Academy of Science Center of Forest Ecology and Productivityaffiliations  
117997 Moscow, 84/32 Profsoyuznaya str.  
E-mail: belova@jfi.rssi.ru*

Long-term high resolution Landsat-5/7 data archive is very useful for creating of actual regional land cover maps, which ones are necessary for economic, ecologic and scientific tasks. The best recognition of land cover types is achieved due to the use of all-season satellite data sets. It is caused by spectral reflectance variations of land cover classes in different seasons. Provided that Landsat images are often contaminated with clouds and its shadows prevented the creating of a high-quality season composite imagery. Therefore we have to develop automated cloud/shadow masking techniques adapted different seasons, subject to effects from varying sun-sensor target geometries and surface temperature. This paper is continuation of our investigations published in the last year conference proceedings. Here we describe the cloud and shadows masking approach for spring, autumn and winter Landsat data sets.

**Keywords:** Landsat5/7, clouds and shadows cleaning, snow, NDSI.