

## К ВОПРОСУ МОНИТОРИНГА ПОСЛЕДСТВИЙ ЛЕСНЫХ ПОЖАРОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СПУТНИКОВЫХ ДАННЫХ

Алшаиби А.Д.

Научный руководитель: канд. техн. наук О.С. Токарева

Томский политехнический университет

Ahmedalshaiby88@gmail.com

### Введение

Лесные пожары являются мощным природным и антропогенным фактором, существенно изменяющим функционирование и состояние лесных экосистем [1]. Лесные пожары наносят значительный ущерб экологии и экономике и являются не только национальной проблемой для стран, где леса занимают большую территорию, но и глобальной экологической проблемой. Согласно опубликованному в 2014 г. докладу Росгидромета об изменениях климата и их последствиях на территории РФ, экстремальность климата будет усиливаться в XXI в. Увеличатся потери леса от прямых воздействий аномалий погоды в отдельные годы и от вредных насекомых и болезней, но наибольшие потери лесное хозяйство будет нести от пожаров [1].

Методы дистанционного зондирования позволяют получать объективную информацию о состоянии лесов [2]. При этом важной является оценка пространственно-временной динамики нарушенных участков территорий. Архивы данных космической съемки поверхности Земли позволяют не только определять площади выгоревшего леса [3], но оценивать восстановительные процессы на месте гарей.

Для территории Томской обл. оценка последствий пожаров является актуальной задачей из-за труднодоступности территорий.

Целью работы является рассмотрение методических вопросов, связанных с оценкой последствий лесных пожаров на основе спутниковых данных.

### Методические вопросы мониторинга лесных пожаров

Для мониторинга пожаров широко применяются снимки, полученные камерами TM, ETM+, OLI (спутники серии Landsat), а также снимки камер MODIS (спутник Terra и Aqua), находящиеся в свободном доступе.

Одним из методов дистанционной оценки площадей гарей и степени повреждения растительного покрова после пожара является использование индексов, полученных в результате обработки разновременных снимков. Для выявления границ гарей используется нормализованный индекс гарей (NBR – Normalized Burn Ratio) [4, 5], который рассчитывается по следующей формуле:

$$NBR = \frac{\rho_{NIR} - \rho_{SWIR2}}{\rho_{NIR} + \rho_{SWIR2}}$$

где  $\rho_{NIR}$ ,  $\rho_{SWIR2}$  – значения спектральной яркости пикселя, полученные в ближнем инфракрасном и среднем инфракрасном диапазонах соответственно. Для камеры OLI, установленной на спутнике Landsat 8, используются данные 5 и 7-ого каналов [6], для камер TM (Landsat 4, 5) и ETM+ (Landsat 7) используются данные 4 и 7-ого каналов.

Часто используемым является также нормализованный разностный индекс растительности NDVI (Normalized Difference Vegetation Index). Резкие колебания в вегетационном цикле растительности, вызванные засухой и пожарами, часто приводят к аномальным изменениям этого индекса при анализе разновременных данных NDVI [4, 5]. Кроме того, по изменениям NDVI можно определять области, на которых происходит восстановление растительного покрова.

NDVI вычисляется по формуле:

$$NDVI = \frac{\rho_{NIR} - \rho_{RED}}{\rho_{NIR} + \rho_{RED}}$$

где  $\rho_{RED}$ ,  $\rho_{NIR}$  – коэффициенты спектральной яркости в ближнем инфракрасном и красном каналах соответственно.

Использование разностных индексов  $dNBR = (NBR_{prefire} - NBR_{postfire})$  и  $dNDVI = (NDVI_{prefire} - NDVI_{postfire})$  позволяет выделить границы свежих гарей [4].

После определения площади свежей гари для оценки экономического ущерба необходимо знать, какой тип леса произрастал на выгоревшем участке и его таксационные характеристики. Такая информация может быть получена на основе классификации и интерпретации фрагментов космических снимков изучаемой территории или на основе использовании готовых цифровых карт лесов и лесной таксации.

### Результаты выявления гарей на снимках со спутников Landsat

Для оценок последствий пожаров на территории Томской обл. был проведен анализ доступных безоблачных снимков со спутников Landsat в архиве Геологической службы США. Имеющиеся снимки за 2016 г. обеспечивают покрытие большей части территории области. Анализ показал, что наибольшие площади пройдены пожарами на левом берегу р. Обь в западной части Томской области, где выбран тестовый участок для проведения дальнейших

исследований с учетом наличия снимков за предыдущие годы.

Ниже приведены некоторые результаты обработки снимков со спутников Landsat для оценки изменений растительного покрова с использованием описанных выше индексов. Были

использованы снимки территории Томской обл. с датами съемки 20.08.2000 и 17.08.2016. На рис. 1 представлены результаты расчетов NDVI и dNDVI, а на рис. 2 результаты расчетов NBR и dNBR по фрагментам этих космических снимков.

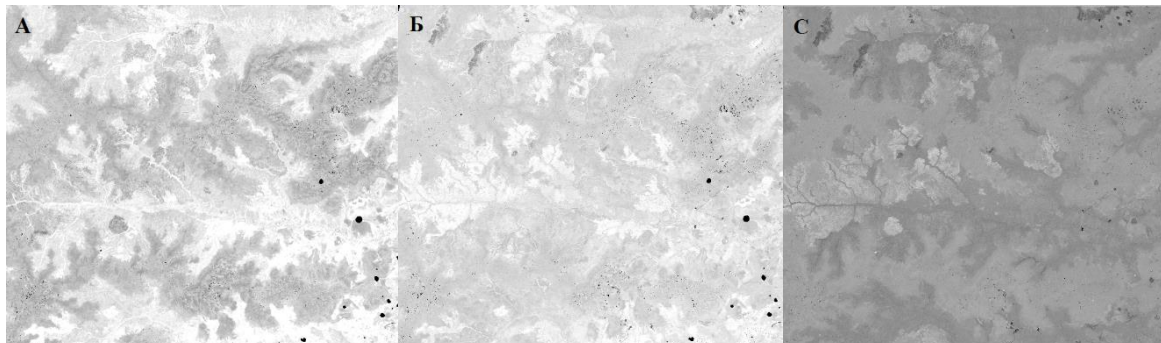


Рис. 1. Карта значений А) NDVI за 26.06.2000, Б) NDVI за 17.08.2016; С) dNDVI

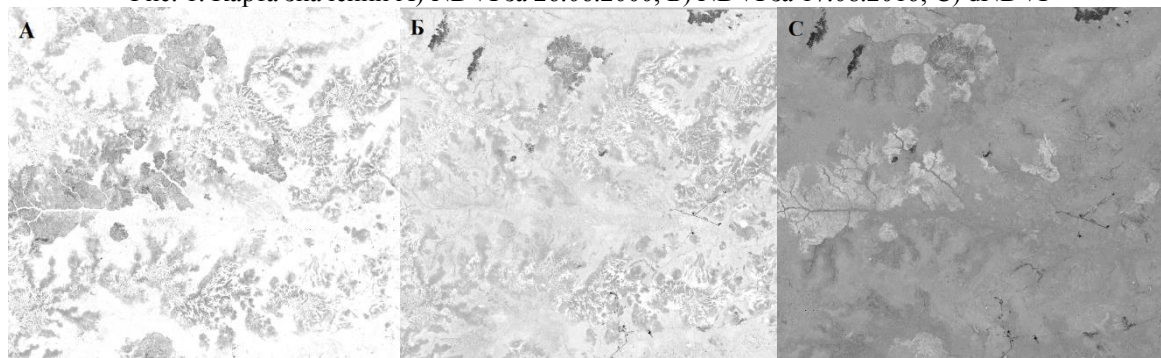


Рис. 2. Карта значений А) NBR за 26.06.2000, Б) NBR за 17.08.2016 С) dNBR

Сравнительный анализ рис. 1 и 2 показывает, что на выгоревших участках через несколько лет после пожара, когда растительный покров уже начинает восстанавливаться, индекс NBR все еще позволяет идентифицировать этот участок как выгоревший (рис. 2А, более темный участок в левой части фрагмента). Через 16 лет этот участок более различим на карте значений NDVI (рис. 1Б) по более высоким значениям, что отображается более светлыми оттенками серого цвета. На рисунках 1С и 2С видно, что свежие гари более четко различимы на разностных изображениях, полученных по значениям индекса гарей NBR, чем по значениям NDVI и изображаются оттенками близкими к черному цвету.

#### Список использованных источников

1. Лесной дозор [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://lesdozor.ru/ru/problemu-obnaruzheniya-lesnyhpozharov/analitika/problema-lesnykh-pozharov-v-rossii> (дата обращения: 14.10.2016).
2. Kovalev A.V., Tokareva O.S. Using MODIS NDVI products for vegetation state monitoring on the oil production territory in Western Siberia // MATEC Web of Conferences. – 2016. – Vol. 48. – 05003, 4 p. – [Electronic resource]. – Режим доступа:

<http://dx.doi.org/10.1051/matecconf/20164805003> (дата обращения: 15.10.2016).

3. Воробьев О.Н., Курбанов Э.А., Губаев А.В. и др. Дистанционный мониторинг гарей в Марийском Заволжье // Вестник ПГТУ. – 2012. – № 1. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/distantcionnyy-monitoring-garey-v-mariyskom-zavolzhe> (дата обращения: 15.10.2016).

4. Hudak A.T., Morgan P., Bobbitt M.J. et al. The relationship of multispectral satellite imagery to immediate fire effects // Fire Ecology Special Issue. – 2007. – Vol. 3. – No. 1. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [http://www.fs.fed.us/rm/pubs\\_other/rmrs\\_2007\\_hudak\\_a0](http://www.fs.fed.us/rm/pubs_other/rmrs_2007_hudak_a0) (дата обращения: 15.10.2016).

5. Курбанов Э.А., Лежнин С.А., Воробьев О.Н., Полевщикова Ю.А. Решение вопросов космического мониторинга лесных гарей в комплексных пакетах ENVI и ArcGIS // Геоматика. – 2012. – № 4. – С. 82-92

Landsat 8 Science Data Users Handbook. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.greenpolicy360.net/mw/images/Landsat8DataUsersHandbook.pdf> (дата обращения: 10.09.2016).