Спутниковые методы оценки фенологических сроков бореальных лесов Восточной Сибири

Варламова Е.В.^{1,2}, мнс

*¹Институт космических исследований и астрономии
им. Ю.Г. Шафера СО РАН,*

*²Северо-Восточный федеральный университет имени М.К. Аммосова,
г. Якутск*

E-mail: varlamova@ikfia.ysn.ru

Аннотация

В настоящей работе использован метод сглаживания временных рядов NDVI, известный как алгоритм BISE. Для оценки фенологических сроков выбран наиболее оптимальный для бореальных лесов пороговый метод «NDVI 0,3». Построены карты распределения фенологических сроков растительного покрова Восточной Сибири по данным спутников NOAA за 1982-2017 гг.

Ключевые слова: NOAA, NDVI, BISE, фенологические сроки, бореальные леса, Восточная Сибирь.

Введение

В настоящее время изучению состояния растительного покрова посвящен ряд исследований, показывающих, что вследствие потепления климата наблюдаются вариации динамики вегетационного индекса NDVI и сроков фенологических событий [1-3]. Фенологические сроки, такие как дата начала/окончания и длительности вегетационного сезона широко используются при решении задач дистанционного зондирования растительного покрова и востребованы в задачах агрометеорологии. На данный момент разработан ряд алгоритмов расчета фенологических сроков. В большинстве случаев они основаны на пороговых методах, например, когда в качестве дат начала и конца вегетационного сезона принимается момент достижения заданного значения вегетационного индекса [4] или минимально достаточной для роста растений температуры воздуха [5] и атмосферных осадков. Однако, существующие алгоритмы оценки фенологических параметров не универсальны, поскольку значения их пороговых критериев во многом зависят от типов растительности и климатогеографических условий их произрастания. Целью работы является апробация метода оценки фенологических сроков бореальных лесов Восточной Сибири по спутниковым данным.

Данные и методика

В работе использованы данные спутников NOAA (1982-2017 гг.) проекта LTDR v.4 (Long Term Data Record), представляющие собой набор ежедневных значений NDVI [6]. Для идентификации типов растительности была использована цифровая карта наземных экосистем Северной Евразии, разработанная в рамках проекта Global Land Cover 2000 [7]. Для фильтрации и сглаживания ряда ежедневных значений NDVI использована вторая интерпретация алгоритма BISE (Best Index Slope Extraction) [8]. Фенологические сроки (начало и конец вегетационного сезона) рассчитывались по пороговому критерию «NDVI 0,3» согласно методике, изложенной в работе [4].

Результаты и обсуждение

Методы предварительной обработки (фильтрация/сглаживание) временных рядов спутниковых данных позволяют минимизировать влияние возмущающих факторов (облачность, случайные помехи, аппаратные шумы сенсора и пр.), что существенно повышает эффективность тематического анализа спутниковых данных в задачах мониторинга лесов. Наиболее часто используемыми методами сглаживания временных рядов NDVI являются метод максимальных композитных изображений MVC (Maximum Value Composite) [9] и метод BISE. Однако, согласно рекомендациям в [8] в задачах оценки фенологии северных лесов, характерных типовой однородностью, наиболее оптимальным представляется использование алгоритма BISE. На рис. 1. показан пример сглаживания временного ряда NDVI растительного покрова центральной части Якутии за 2017 г. при помощи алгоритма BISE (размер скользящего окна 40 дней). Из рис. 1 видно, что исходный ряд данных (+ NDVI) ожидаемо сильно «зашумлен». После фильтрации и сглаживания исходного ряда алгоритмом BISE график $NDVI_{BISE}$ описывает характерный для хвойных лесов центральной Якутии сезонный ход – начало развития вегетации в начале мая, далее следует фаза развития/созревания (июнь-август) и завершение сезона вегетации (сентябрь-октябрь).

Рис. 1. График сезонного хода $NDVI_{BISE}$ растительного покрова центральной части Якутии за 2017 г. после применения алгоритма BISE

Фенологические сроки – даты начала SOS (Start Of Season) и окончания EOS (End Of Season) вегетационного сезона рассчитывались методом «NDVI 0,3». Согласно данному методу SOS и EOS определялись по достижению порогового значения NDVI равному 0,3, пример которого также показан на рис. 1. Метод «NDVI 0,3» по сравнению с другими методами, описанными в работах [10-11] наиболее оптимален для исследуемого региона.

Таким образом, на основе данных LTDR с использованием алгоритма BISE и метода «NDVI 0,3» были рассчитаны и построены ежегодные карты фенологических сроков SOS и EOS применительно к территории Восточной Сибири. На рис. 2а, б показаны среднегодовые (1982-2017 гг.) карты SOS и EOS. Длительность LOS (Length Of Season) сезона вегетации, рассчитанная как разница EOS и SOS за аналогичный период, показана на рис. 2в. Из рис. 2в видно, что LOS зависит от типа

растительности и орографии местности (рис. 2г): на севере Восточной Сибири и Дальнего Востока в местах произрастания тундровой растительности и вдоль пояса горных хребтов длительность вегетационного сезона небольшая (~1-2 месяца); в центральной части Якутии, где произрастают хвойные листопадные леса, сезон вегетации составляет ~5-6 месяцев; на юго-западе, где основной тип растительности представлен хвойными вечнозелеными, лиственными и смешанными лесами — длительность вегетационного сезона максимальна (~7-8 месяцев).

Рис. 2. Карты фенологических сроков: а) SOS, б) EOS, в) LOS усредненные за 1982-2017 гг. и г) карта наземных экосистем Северной Евразии: 1-5 леса хвойные вечнозеленые, лиственные, смешанные, 6 леса хвойные листопадные, 7-8 кустарники, 9-11 водно-болотные комплексы, 12-13 травянистая растительность, 14-16 тундра, 17-21 сельскохозяйственные земли в комплексе с лугами, 22-24 непокрытые растительностью земли.

Выводы

Использованные на примере хвойных лесов центральной Якутии методы BISE (фильтрация/сглаживание данных NDVI) и «NDVI 0,3» (расчет SOS, EOS, LOS) показали удовлетворительную применимость и репрезентативность по отношению к бореальным лесам Восточной Сибири.

Список литературы:

1. Varlamova E.V., Solovyev V.S. Spatio-temporal variations of vegetation indicators in Eastern Siberia under global warming // Proceedings of SPIE on 23rd International Symposium on Atmospheric and Ocean Optics: Atmospheric Physics. 2017. V. 10466. P. 1046660. (doi:10.1117/12.2287360)
2. Варламова Е.В., Соловьев В.С. Исследование трендов NDVI и фенологических параметров растительности мерзлотного региона Сибири по спутниковым наблюдениям // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2017. Т. 14. № 3. С. 206-214
3. Zhao J., Zhang H., Zhang Z., Guo X., Li X., Chen C. Spatial and Temporal Changes in Vegetation Phenology at Middle and High Latitudes of the Northern Hemisphere over the Past Three Decades // Remote Sensing. 2015. No. 7. P. 10973-10995
4. Michael A. White et al. Intercomparison, interpretation, and assessment of spring phenology in North America estimated from remote sensing for 1982–2006 // Global Change Biology. 2009. (doi:10.1111/j.1365-2486.2009.01910.x)
5. Frich P., Alexander L.V., Della-Marta P., Gleason B., Haylock M., Klein Tank A.M.G., Peterson T. Observed Coherent Changes in Climatic Extremes during the Second Half of the Twentieth Century // Climate Research. 2002. Vol. 19. No. 3. P. 193–212
6. Pedelty J., Devadiga S., Masuoka E., Brown M., Pinzon J., Tucker C., Vermote E., Prince S., Nagol J., Justice C., et al. Generating a long-term land data record from the AVHRR and MODIS instruments // In Proceedings of the IEEE International Geoscience and Remote Sensing Symposium, Barcelona, Spain, 23–28 July 2007. P. 1021–1025
7. Bartalev S.A., Belward A.S., Erchov D.V., Isaev A.S. A new Spot4-vegetation derived land cover map of northern Eurasia // International Journal of Remote Sensing. 2003. Vol. 24. No. 9. P. 1977–1982
8. Viovy N., Arino O., Belward A.S. The Best Index Slope Extraction (BISE): A method for reducing noise in NDVI time-series // International Journal of Remote Sensing. 1992. Vol. 13. P. 1585–1590. (doi:10.1080/01431169208904212)
9. Holben B. N. Characteristics of Maximum Value Composite images from temporal AVHRR data // International Journal of Remote Sensing. 1986. Vol. 7. P. 1417-1434
10. Lanhui Wang, Rasmus Fensholt. Temporal Changes in Coupled Vegetation Phenology and Productivity are Biome-Specific in the Northern Hemisphere // Remote Sensing. 2017. Vol. 9. P. 1277. (doi:10.3390/rs9121277)
11. Jing-Jing Zhao & Liang-Yun Liu. Linking satellite-based spring phenology to temperate deciduous broadleaf forest photosynthesis activity // International Journal of Digital Earth. 2014. Vol. 7. No. 11. P. 881-896. (doi:10.1080/17538947.2013.786145)