

ПРИМЕНЕНИЕ ВЕГЕТАЦИОННЫХ ИНДЕКСОВ В СИСТЕМЕ МОНИТОРИНГА ПОЖАРООПАСНОЙ ОБСТАНОВКИ В ЛЕСАХ

Лабоха А. К., Шамына А. Ю., Ардяко А. Д.

Кафедра программного обеспечения информационных технологий, Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники

Минск, Республика Беларусь

E-mail: labokha.poit@bsuir.by, shamyna@bsuir.by, ardyakon@gmail.com

Проанализированы недостатки существующих методик определения уровня пожароопасности в лесах, изучен зарубежный опыт. Рассмотрены возможности использования вегетационных индексов при определении пожарной опасности в лесах на примере Воложинского лесхоза.

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время во многих сферах жизни используется принцип предупреждения и минимизации последствий потенциально опасных ситуаций. Это обусловлено тем, что в большинстве случаев возможный ущерб может многократно превысить затраты на оперативный мониторинг ситуации, построение прогнозов и профилактику опасных ситуаций.

Такая ситуация справедлива и для лесного хозяйства: его проблемой являются пожары, возникающих на лесных территориях. Отсутствие системы оперативного мониторинга пожароопасной обстановки может привести к неконтролируемому распространению лесного пожара (особенно при неблагоприятной метеорологической обстановке), уничтожению лесной экосистемы, а также угрозе жизни и здоровью человека в случае пожара вблизи населенных пунктов. Системы мониторинга позволяют более эффективно и локально проводить мероприятия по предотвращению распространения пожара, снижать факторы, а построение прогноза с учетом прогноза погоды позволит более комплексно оценивать пожароопасную обстановку.

I. МЕТОДИКИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПОЖАРООПАСНОСТИ

Используемая в настоящее время в Беларуси методика определения пожарной опасности в лесах (СТБ 1408-2003) использует комплексный показатель Диченкова, который учитывает исключительно фактическую метеорологическую обстановку. Вопрос увеличения пространственного разрешения метеорологических данных и построения прогноза может быть решен путём использования данных прогнозных моделей погоды (GFS, WRF и др.). Однако фактически на вероятность возникновения пожара также оказывает структура лесного фонда и его текущее состояние на момент изучения обстановки.

С развитием спутниковых систем появилась возможность оперативной оценки указанных факторов на основе аэрокосмических снимков благодаря их доступности, актуальности и

высокому разрешению. Выполненная канадскими исследователями работа по оценке пожарной обстановки с использованием данных ДЗЗ [1] продемонстрировала обоснованность данного направления исследований; для определения уровня пожароопасности использовались полученные на основе данных ДЗЗ нормализованные вегетационные индексы NDVI и NDWI, температура поверхности Земли, а также суммарное накопленное количество влаги в результате осадков и влажности.

Оценка состояния и динамики изменений лесного фонда осуществляется с помощью вегетационных индексов, которые рассчитываются как различные комбинации спектральных каналов аэрокосмических снимков высокого разрешения. Вегетационные индексы позволяют оценить параметры растительности, причем именно отклонения значений в пределах одной территории позволяют выявлять участки в особом состоянии. Однако ввиду новизны сферы исследования не существует единого выработанного набора вегетационных индексов, который бы гарантировал качественную оценку состояния растительности. Так, ученые из Ирана при проведении схожего исследования [2] использовали в значительной степени отличающийся набор вегетационных индексов. Поэтому, ввиду отличия климатических условий в Беларуси, Канаде и Иране, одной из задач исследования является экспериментальный подбор оптимальной комбинации вегетационных индексов для определения пожароопасной ситуации для территории Беларуси.

II. ИСПОЛЬЗОВАНИЕ АЭРОКОСМИЧЕСКИХ СНИМКОВ

В качестве источников аэрокосмических снимков были выбраны спутниковые системы Sentinel-2 и Landsat-8. Одной из основных проблем при использовании снимков космических аппаратов является наличие облачности на снимках; и если наличие небольшой «дымки» и искажение цветности по этой причине является исправимым, то в случае сплошной или преимущественной облачности снимок может да-

вать малое количество полезной информации, что нельзя исправить с помощью методов постобработки. В условиях, когда один и тот же спутник может выполнять съемку местности с периодичностью порядка 8 суток, наличие сплошной облачности при выполнении двух повторных снимков будет приводить к временной разнице между снимками больше 20 суток. Для систем оперативного реагирования подобный срок является слишком большим, поскольку использование устаревших данных может привести к принятию ошибочного решения. По этой причине проблемы облачности и периодичности облета тесно связаны.

Использование данных нескольких компьютерных миссий может значительно повысить эффективность разрабатываемой системы, поскольку выполнение снимков в другой день как повышает вероятность получения снимка без облачности, так и увеличивает периодичность обновления снимков. Альтернативным решением проблемы облачности на снимках является разработка алгоритма, который позволил бы заменить «загрязнённые» облаками пиксели на соседние как по дате выполнения снимка, так и по рассматриваемой территории.

III. ПОСТРОЕНИЕ ВЕГЕТАЦИОННЫХ ИНДЕКСОВ

Исследования были проведены для территории Воложинского лесхоза Минской области. Были получены контуры границ лесных кварталов и выделов, сведения о местах и времени зафиксированных пожаров для последующей верификации результатов исследования. В качестве базовой даты для начала исследования было выбрано 24 апреля 2019 года, когда спутником Sentinel-2 были выполнены снимки Воложинского района при полном отсутствии облачности. Полный снимок территории лесхоза был получен в результате совмещения четырех снимков и последующей обрезки по экстенду. Последнее необходимо для минимизации временных затрат на их обработку.

Были вычислены вегетационные индексы NDWI, PSRI, EVI, TVDI, EMCI. На рисунке 1а представлена карта вегетационного индекса

PSRI, который характеризует отражения огрубевшим углеродом растительных тканей. Однако поскольку абсолютное значение этого и других индексов не позволяет оценить пожароопасную обстановку, в соответствии с методикой исследования [1] значение в каждом пикселе карты вегетационного индекса сравнивалось со средним значением индекса на исследуемом фрагменте карты. В результате все пиксели карты вегетационного индекса были разделены на две группы с границей по математическому ожиданию (рис. 1б). В случае, если значение вегетационного индекса PSRI в точке превышает среднее значение, то можно говорить о повышенном влиянии факторов, характеризующих данным индексом; подобное утверждение справедливо для всех исследуемых индексов. Соединение полученных карт влияния N индексов позволяет получить оценку, сколько факторов риска (от 0 до N) оказывают влияние в заданной точке.

Следует отметить, что в зависимости от выбора исследуемой территории разделение карты вегетационного индекса относительно среднего значения может претерпевать значительные изменения. При исследовании малой территории (лесхоз, несколько лесничеств) большее влияние имеют локальные аномалии значений индекса; в этом случае целесообразно выделение пожароопасных участков на уровне лесных кварталов и выделов, что позволит повысить эффективность мероприятий по предотвращению возникновения пожаров для работников лесничеств. При выборе большей территории (область, страна) будет выполняться сглаживание локальных экстремумов, в результате будет получена более репрезентативная оценка пожароопасной обстановки в целом; подобный подход позволит выделить области, где необходимо введение ограничений или запрета на посещение лесов.

1. Chowdhury, E. H.; Hassan, Q. K. Development of a New Daily-Scale Forest Fire Danger Forecasting System Using Remote Sensing Data. *Remote Sens.* 2015, 7, 2431-2448.
2. Abdollahi, Sara & Ostad-Ali-Askari, Kaveh & Eslamian, Saeid & Singh, Vijay. (2018). Predicting Fire Hazard Areas Using Vegetation Indexes, Case Study Forests of Golestan Province, Iran. *Journal of Geography.* 1. 10.24294/jgc.v1i2.451.

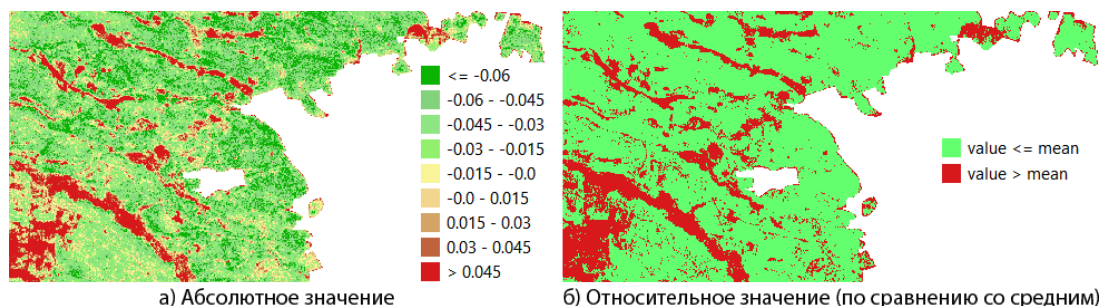


Рис. 1 – Значение индекса PSRI для фрагмента Воложинского района