

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ В ДИСТАНЦИОННОМ МОНИТОРИНГЕ ЛЕСОВ

Исследована возможность использования беспилотных летательных аппаратов (БПЛА) для оценки контуров ветровала на примере Киренского лесничества Иркутской области. Сравнивались результаты обработки данных мультиспектральной съемки и только в оптическом диапазоне. Сделано заключение о более точных результатах, полученных с помощью индекса NDVI, рассчитанного на основе ближнего инфракрасного диапазона (NIR) и красного (Red). Близкие результаты дает использование индекса (ExG – ExR) на основе оптического диапазона (RGB).

Ключевые слова: БПЛА, дистанционный мониторинг, вегетационные индексы, NDVI, (ExG – ExR)

**E.V. Boldanova,
V.V. Kozhemyakin**

USE OF UNMANNED AERIAL VEHICLES IN REMOTE FOREST MONITORING

The possibility of using unmanned aerial vehicles (UAVs) to assess the contours of windfalls was studied using the example of the Kirenskoye forestry of the Irkutsk region. The results of processing data from multispectral surveys and only in the optical range were compared. It is concluded that more accurate results are obtained using the NDVI index calculated based on the near-infrared (NIR) and red (Red) ranges. Similar results are obtained by using the index (ExG – ExR) based on the optical range (RGB).

Keywords: UAV, remote monitoring, vegetation indices, NDVI, (ExG – ExR).

Введение

В экологическом мониторинге активно используются современные средства дистанционных наблюдений, в том числе беспилотные летательные аппараты (БПЛА). Основное их преимущество по сравнению с авиационной съемкой заключается в более низких затратах на проведение съемки и более высокой оперативности. Недостатком может быть недостаточная большая зона охвата. Существует большое разнообразие типов БПЛА, а также данных, которые могут быть собраны. Для мониторинга в лесном хозяйстве в основном применяются БПЛА вертолетного (коптеры) и самолетного типов (крыло). В базовой

комплектации съемочная аппаратура позволяет получать изображения в видимом спектре (RGB), в расширенной версии есть возможность вести съемку в ближнем инфракрасном спектре (NIR), а также в узком красном диапазоне (RedEdge). Для получения точных цифровых моделей рельефа (DEM) и местности (DTM) используется лидарная съемка. Использование оптических камер также позволяет строить DEM и DTM, но требуется усложнение плана полета и неоднократная съемка одних и тех же участков с разных ракурсов.

Полученные с БПЛА данные позволяют строить ортофотопланы и на их основе проводить визуальный анализ местности (мониторинг с высоты человеческого роста не позволяет получить такую общую картину). Кроме того, есть возможность автоматизации обработки данных на основе расчета различных индексов (вегетационных, почвенных, горения, влажности и т.д.) и векторизации полученных изображений. На основе полученных результатов производится оперативная оценка состояния лесных массивов, а также есть возможность проведения анализа динамики изменений при сопоставлении данных разновременных съемок.

Одна из проблем — наиболее эффективное использование возможностей съемочной аппаратуры БПЛА.

Основная часть

На вооружении Иркутского центра защиты леса Рослесозащиты имеется мультиспектральный коптер DJI Phantom 4, позволяющий вести съемку в видимом спектре, а также NIR и RedEdge. В сентябре 2023 года был отснят участок ветровала в Киренском лесничестве. Обработка полученных снимков и создание ортофотоплана проводились в специализированной программе, идущей в комплекте со съемочной аппаратурой. Дальнейший анализ проводился в программе Quantum QIS (QGIS). Результаты обработки полученных данных представлены на рис. 1.

На рис. 1а визуально выделяется более светлыми оттенками, на рис. 1б участки ветровала интенсивного зеленого цвета.

Расчет вегетационного индекса NDVI позволяет получить более точные границы при условии подбора порогового значения. Для летнего сезона для хвойных лесов $NDV > 0,7$. Результат расчета NDVI и выделения здоровой хвойной растительности представлен на рис. 2.

Использование индекса NDVI позволяет достаточно точно оконтурить участки ветровала. На рис. 2а ветровал выделяется желто-оранжевыми оттенком, на рис. 2б есть возможность получить контуры пораженных участков.

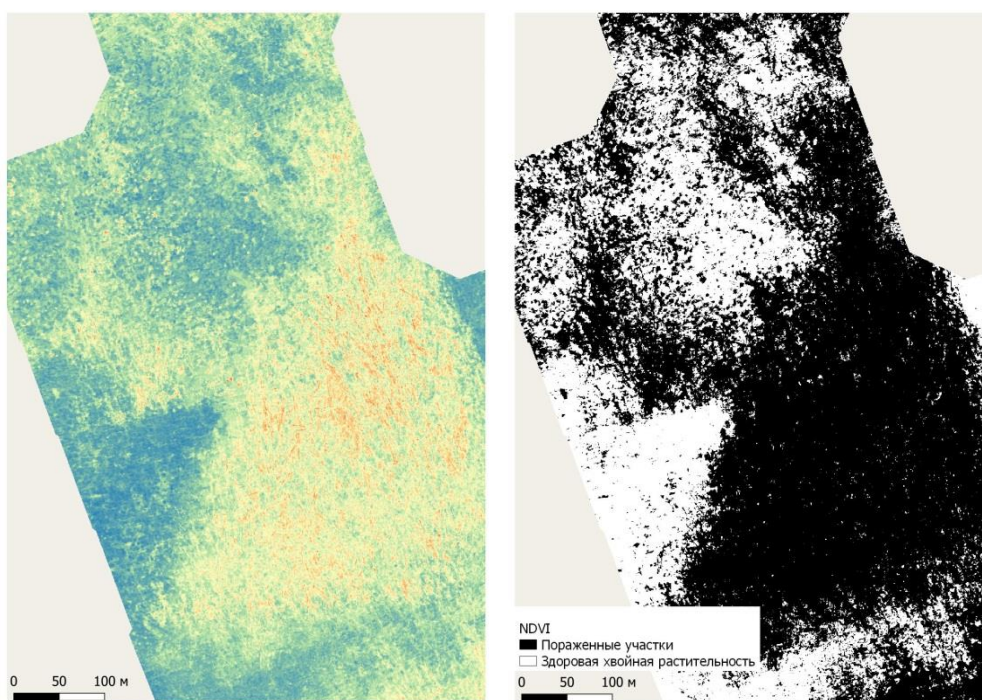
В дальнейшем возможна векторизация полученных результатов и подсчет площади пораженной области. При повторении задачи обработки данных возможна автоматизация на основе создания модели геообработки.



а)

б)

Рис. 1. Ортофотоплан ветровала в Киренском лесничестве:
 а) в естественных цветах (Red-Green-Blue);
 б) в искусственных цветах (NIR-Red-Green)



а)

б)

Рис. 2. Вегетационный индекс NDVI:
 а) в псевдоцвете;
 б) выделение пораженных участков с $NDVI < 0,7$

Использование результатов мультиспектральной съемки позволяет оперативно получить достаточно точные оценки состояния лесной растительности. Но не всегда имеется на вооружении такое оборудование. В перспективе в Иркутском Центре защиты леса должен появиться БПЛА самолетного типа. Данный тип БПЛА позволит увеличить время съемки вдвое, но есть предположение, что съемка будет возможна только в оптическом диапазоне. Возможно ли получить контуры пораженных участков только на основе спектра RGB? Задача проверить такую возможность была поставлена в данном исследовании.

На основе обзора литературы по данному вопросу были выявлены несколько вегетационных индексов на основе оптического диапазона:

1) ExG (Woebbecke, 1995 [4]):

$$\text{ExG} = 2g - r - b,$$

$$r = R^* / (R^* + G^* + B^*),$$

$$g = G^* / (R^* + G^* + B^*),$$

$$b = B^* / (R^* + G^* + B^*),$$

$$R^* = R/R_{\max}, G^* = G/G_{\max}, B^* = B/B_{\max};$$

2) ExR (Meyer et al., 1998 [1]):

$$\text{ExR} = 1,4r - b;$$

3) ExG – ExR (Meyer et al., 2008 [2] с пороговым значением 0);

4) m(ExG – ExR) (Цзяньхуа Ван, 2022 [3]):

$$m(\text{ExG} - \text{ExR}) = 3r - 2g - b.$$

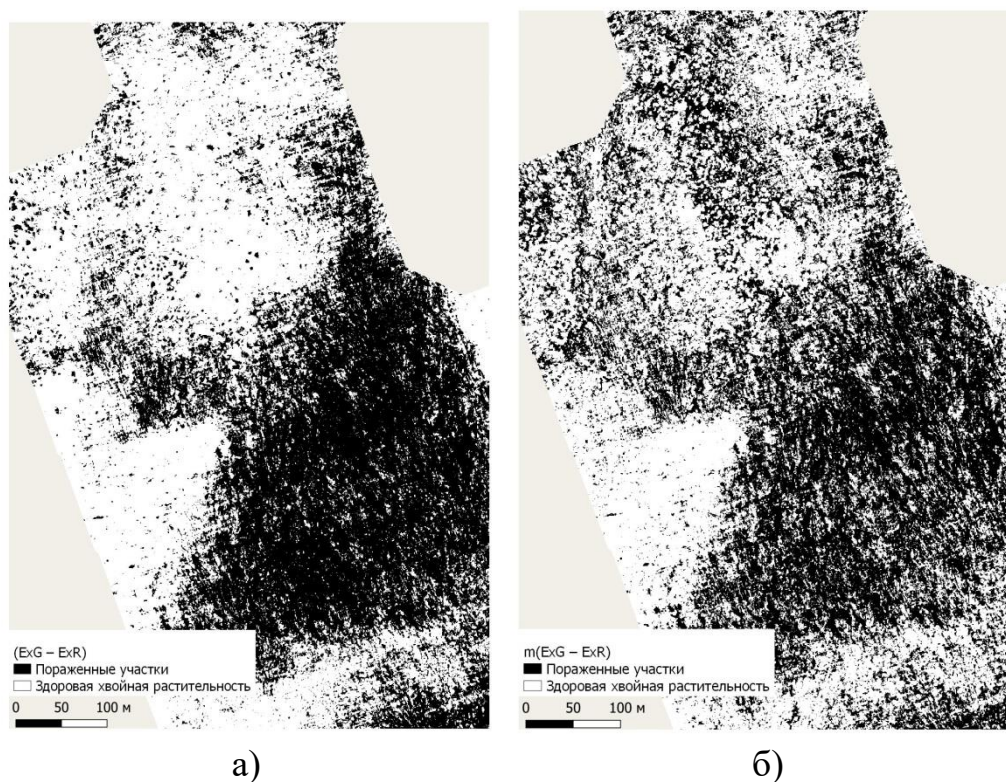


Рис. 3. Вегетационный индекс:
 а) (ExG – ExR) с порогом 0;
 б) m(ExG – ExR) с порогом 0,15.

Нами были проведены расчеты индексов ($E_{xG} - E_{xR}$) и $m(E_{xG} - E_{xR})$. Результаты представлены на рис. 3. Визуально индекс ($E_{xG} - E_{xR}$) с пороговым значением 0 дает достаточно близкие результаты с индексом NDVI, более точное совпадение можно оценить с помощью коэффициента каппа Коэна. Для индекса $m(E_{xG} - E_{xR})$ наиболее близким пороговым значением было подобрано 0,15, но результаты отличаются большей ошибочностью.

Выводы

Использование БПЛА в дистанционном мониторинге лесов расширяет возможности в оперативной оценке состояния отдельных участков, позволяет анализировать динамику изменения при периодической съемке одних и тех же участков. Использование мультиспектральной съемочной аппаратуры позволяет повысить точность определения контуров поврежденных областей. В исследовании была изучена возможность использования данных оптического диапазона и проведено сравнение результатов с мультиспектральной съемкой для оценки возможности использования более простой съемочной аппаратуры. Сделано заключение, что вегетационный индекс NDVI на основе данных спектров NIR и Red с порогом 0,7 для летнего сезона дает наиболее точные результаты. В то же время при необходимости использования аппаратуры, ведущей съемку только в оптическом диапазоне, можно воспользоваться индексом ($E_{xG} - E_{xR}$) с пороговым значением 0, который позволяет получить схожий результат.

Список использованной литературы

1. Textural imaging and discriminant analysis for distinguishing weeds for spot spraying / G.E. Meyer et al. // Transactions of the ASAE. — 1998. — Т. 41, № 4. — С. 1189–1197.
2. Meyer, G.E. Verification of color vegetation indices for automated crop imaging applications / G.E. Meyer, J.C. Neto // Computers and electronics in agriculture. — 2008. — Т. 63, № 2. — С. 282–293.
3. Monitoring of Discolored Trees Caused by Pine Wilt Disease Based on Unsupervised Learning with Decision Fusion Using UAV Images / J. Wan et al. // Forests. — 2022. — Т. 13, № 11. — С. 1884.
4. Color indices for weed identification under various soil, residue, and lighting conditions / D.M. Woebbecke et al. // Transactions of the ASAE. — 1995. — Т. 38, № 1. — С. 259–269.

Информация об авторах

Болданова Елена Владимировна — к.э.н., доцент ФГБОУ ВО «Байкальский государственный университет», Иркутск; e-mail: BoldanovaEV@bgu.ru.

Кожмякин Виктор Викторович — магистрант ФГБОУ ВО «Байкальский государственный университет», Иркутск; e-mail: silver8002@yandex.ru.

Authors

Boldanova Elena Vladimirovna — PhD of Economy, Associate Professor, Baikal State University, Irkutsk; e-mail: BoldanovaEV@bgu.ru.

Kozhemyakin Viktor Viktorovich — Master's Student, Baikal State University, Irkutsk; e-mail: silver8002@yandex.ru.