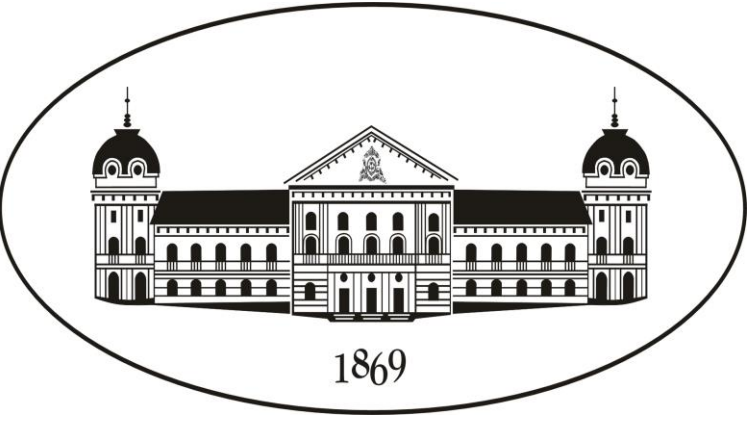




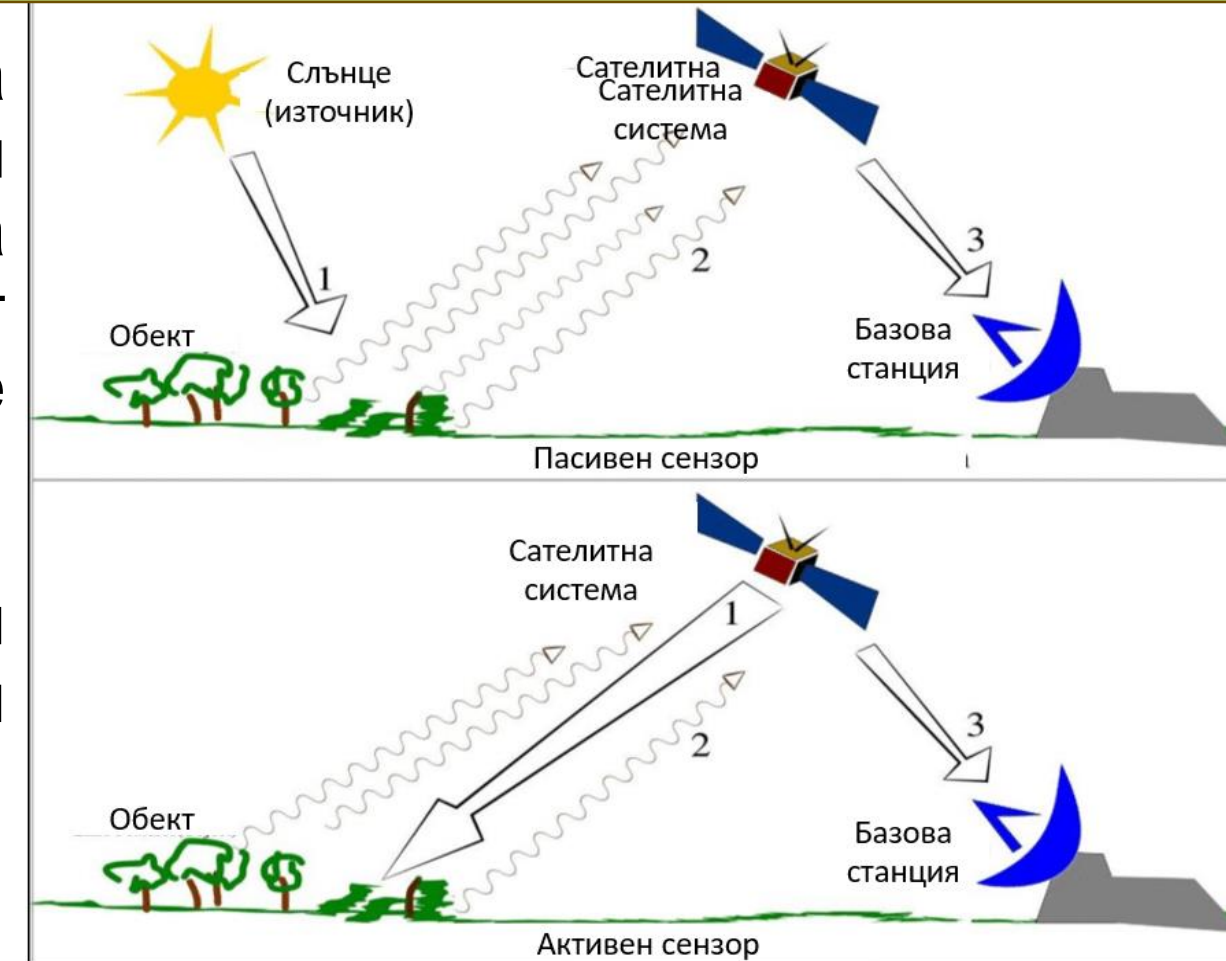
Приложения на дистанционните методи в горската екология

Михаела Цветкова¹, Милен Чанев¹

¹Институт за космически изследвания и технологии – Българска академия на науките

Абстракт

Дистанционните методи за наблюдение на Земята се превърнаха в основен инструмент за оценка и мониторинг на горските екосистеми. Сателитни мисии като Sentinel-2, Landsat и LiDAR предоставят високоспектрална и пространствена информация, която позволява количествено определяне на ключови параметри като биомаса, листна площ (LAI), запаси от въглерод, влажност и степен на деградация на горските насаждения. Настоящото изследване представя обзор на приложението на дистанционните технологии в горската екология, акцентирайки върху тяхната роля в оценката на здравословното състояние на горите, мониторинга на климатичните въздействия и управлението на ресурсите. Обобщени са и съвременни подходи за комбиниране на оптични, радарни и LiDAR данни (фиг. 1), както и перспективите за използване на машинно обучение и вегетационни индекси (NDVI, EVI, NDMI, CCCI) за екологична оценка и моделиране.



Фигура 1. Активен и пасивен сензор (Adamo et. al., 2020)

Ключови думи: дистанционни методи, горска екология, Sentinel-2, вегетационни индекси, ГИС

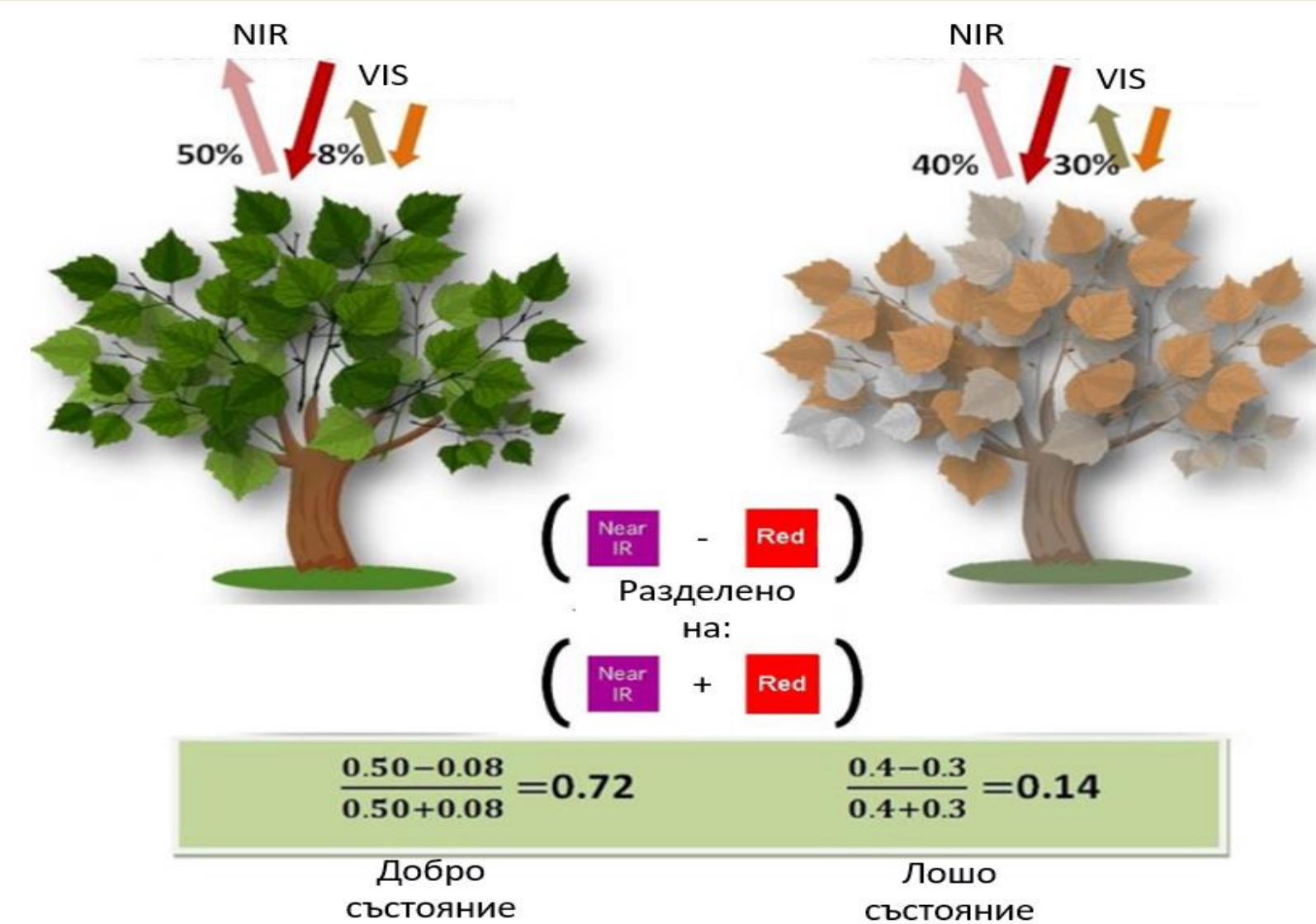
Цели и задачи

Да се представят възможностите на дистанционните методи за количествена и качествена оценка на горските екосистеми в контекста на устойчивото управление и климатичните промени. Да се анализират основните дистанционни подходи за оценка на биофизични и таксационни параметри на горите (възраст, височина, биомаса, гъстота, LAI). Да се представят примери от съвременни приложения на сателитни данни (Sentinel-2, Landsat, LiDAR, SAR). Да се изследва ролята на вегетационните индекси за диагностика на стрес и деградация на горски насаждения. Да се подчертаят тенденции и перспективи в използването на интегрирани сензорни и аналитични подходи (AI, GIS, Big Data).

Методи

Използван е обзорец и аналитичен подход, базиран на:

- анализ на актуални научни публикации (2018–2025), включително FAO (2020), Herold et al. (2022), Zhu et al. (2019), Xu et al. (2025);
- примери от български изследвания в защитени територии като резерват „Парангалица“ и НП „Рила“;
- синтез на методологии, включващи:
 - спектрални индекси: NDVI (фиг. 2), EVI, NDMI, LAI, CCCI, NDRE;
 - мултисензорни данни: Sentinel-2 (оптични), Sentinel-1 (радарни), LiDAR (структурни);
 - ГИС обработка – извличане на зони, статистически анализи и визуализация на динамиката на растителността;
 - машинно обучение и статистика – корелационен анализ, PLS-регресия, класификация и оценка на чувствителността на индекси към биофизични променливи.



Фигура 2. Поглъщане и отражение на растенията във видимия и близкия инфрачервен диапазон (Wu Ch-D., et al., 2014)

Резултати и обсъждане

- Приложимост на сателитни индекси: NDVI и EVI се доказват като надеждни показатели за физиологичното състояние на горите, докато NDMI и CCCI са чувствителни към влагата и хлорофилното съдържание.
- LiDAR и SAR данни подобряват оценката на вертикалната структура и биомасата, особено в гъсти иглолистни гори (Xu et al., 2025).
- Комбинирането на данни от различни сензори води до 25–40% по-висока точност при моделиране на запаси и LAI.
- ГИС анализите позволяват визуализация на пространствената динамика на здравословното състояние и идентифициране на рискови участъци.
- Изследвания в НП „Рила“ (Todorova & Zhiyanski, 2025) демонстрират висока корелация ($r > 0.6$) между NDMI и биомасата, потвърждавайки ефективността на дистанционните методи за устойчив мониторинг.
- Перспективи: включване на AI алгоритми за анализ, предвиждане и моделиране на стрес и продуктивност.

Литература

- Adamo, Nasrat & Al-Ansari, Nadhir & Ali, Sabah & Laue, Jan & Knutsson, Sven. Dams Safety: Review of Satellite Remote Sensing Applications to Dams and Reservoirs. Journal of Earth Sciences and Geotechnical Engineering. 11. 347–438, 2020.
- FAO. Global Forest Resources Assessment 2020: Main Report. FAO, Rome, 2020.
- Herold, M., et al. Challenges and Opportunities in the Use of Remote Sensing for Forest Monitoring. Remote Sensing, 14(4), 937–956, 2022.
- Becker, R., Fassnacht, F. E., & Latifi, H. Detection of Forest Structure and Health Using Combined Optical and SAR Data. ISPRS J. Photogramm. Remote Sens., 142, 1–16, 2018.
- Zhu, Z., et al. Benefits of the Landsat Program to Society. Remote Sensing of Environment, 224, 382–393, 2019.
- Todorova, E., & Zhiyanski, M. Spatial and Temporal Exploration of NDVI, LAI, and SMI in Coniferous Forests. J. Bulg. Geogr. Soc., 52, 59–78, 2025.