



АНАЛИЗ ДИНАМИКИ ЗАСУХИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ДАННЫХ MODIS: ОБЗОР ПОДХОДОВ И ПРИМЕНЕНИЙ

Хабибуллаева Дильноза

Бердимбетов Тимур

Нукусский государственный технический университет

<https://doi.org/10.5281/zenodo.15460842>

Аннотация

Засуха остаётся одним из самых разрушительных природных явлений, оказывающих долгосрочное влияние на сельское хозяйство, водные ресурсы и экосистемы. В связи с этим растёт значение систем дистанционного зондирования Земли, в частности, спутниковых данных MODIS, предоставляющих регулярную и масштабную информацию о состоянии поверхности. В данной обзорной статье рассматриваются основные методы анализа засух на основе данных MODIS, включая использование вегетационных и температурных индексов, а также интегративные подходы к оценке засушливых условий. Обсуждаются преимущества и ограничения использования MODIS, а также перспективы дальнейших исследований в данной области.

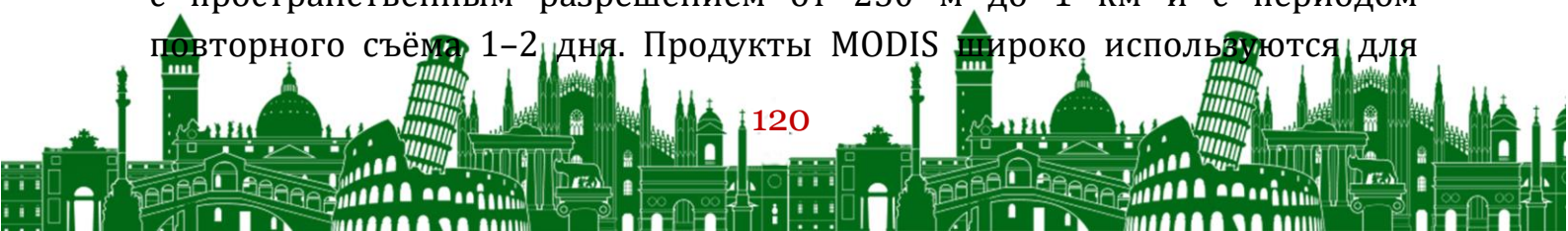
Введение

Засухи относятся к климатическим экстремумам, которые имеют кумулятивный эффект, вызывая снижение продуктивности сельского хозяйства, деградацию земель и социально-экономические убытки. По данным Всемирной метеорологической организации, частота и интенсивность засух возрастает, особенно в условиях глобального изменения климата [1]. Эффективный мониторинг засушливых условий требует как пространственной полноты, так и временной оперативности, чего не всегда могут обеспечить наземные метеостанции.

В этих условиях особую роль играют данные дистанционного зондирования, особенно те, которые предоставляются спутниковыми сенсорами MODIS (Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer). Эти данные позволяют анализировать пространственно-временную динамику растительности, влажности и температурных аномалий на глобальном и региональном уровнях [2].

Спутниковые данные MODIS: краткая характеристика

MODIS — сенсор, установленный на спутниках Terra (с 1999 г.) и Aqua (с 2002 г.), предоставляющий изображения в 36 спектральных диапазонах с пространственным разрешением от 250 м до 1 км и с периодом повторного съёма 1–2 дня. Продукты MODIS широко используются для



мониторинга состояния экосистем, землепользования, лесных пожаров, засух и других природных явлений [2].

К числу наиболее применимых для анализа засух MODIS-продуктов относятся:

- **NDVI (Normalized Difference Vegetation Index)** — индикатор плотности и здоровья растительного покрова;
- **EVI (Enhanced Vegetation Index)** — модифицированный NDVI, устойчивый к влиянию атмосферных помех;
- **LST (Land Surface Temperature)** — температура поверхности земли, отражающая тепловые аномалии [3];
- **LAI (Leaf Area Index)** — показатель площади листьев на единицу площади земли;
- **ET (Evapotranspiration)** — интегральный показатель испарения и транспирации.

Методы анализа засух на основе данных MODIS

Индексные подходы

Анализ засух с использованием MODIS чаще всего основывается на отклонении вегетационных индексов (NDVI, EVI) от климатической нормы. Засушливые условия, как правило, характеризуются значительным снижением NDVI по сравнению со среднегодовыми значениями [4].

Комплексные индексы

Для повышения точности мониторинга используются комбинированные индексы. Наиболее распространённый из них:

- **VHI (Vegetation Health Index)** — объединяет NDVI и температуру поверхности (LST), позволяя учитывать как биофизическое, так и тепловое состояние растительности. Значения $VHI < 40$ указывают на сильные засушливые условия [5].

Пространственно-временной анализ

С использованием MODIS возможно построение временных рядов вегетационных индексов для анализа сезонной динамики и выявления трендов деградации. Это особенно актуально для полупустынных и степных территорий, где сезонность чётко выражена [6].

Примеры применения MODIS в исследованиях засух

- В Китае данные NDVI и VHI использовались для мониторинга засух в сельскохозяйственных регионах и показали высокую корреляцию с урожайностью пшеницы и кукурузы [7].



• В Африке MODIS применялся для оценки последствий засух на пастбищах и сельском хозяйстве в Сахельском регионе [8].

• В Казахстане и Узбекистане использование MODIS NDVI позволило выявить цикличность засух с интервалом 4–6 лет [9].

Преимущества и ограничения использования MODIS

Преимущества:

- Высокая частота обновления данных (ежедневно);
- Доступность архивов с 2000 года;
- Большой территориальный охват;
- Бесплатный доступ к данным [2].

Ограничения:

- Зависимость от погодных условий (облачность, пыль);
- Среднее пространственное разрешение (недостаточно для мелкомасштабных исследований);
- Необходимость валидации с наземными измерениями [6].

Заключение

Данные MODIS являются важным инструментом для анализа динамики засух, особенно в регионах с недостаточной сетью метеонаблюдений. Разнообразие продуктов и доступность данных делают их эффективным средством как для оперативного мониторинга, так и для долгосрочного анализа. В будущем актуальной задачей является интеграция данных MODIS с другими спутниковыми источниками и наземными измерениями в рамках комплексных систем управления рисками засух.

Список литературы:

1. World Meteorological Organization. State of Climate Reports. Geneva: WMO, 2021.
2. Justice, C.O., et al. (2002). An overview of MODIS Land data processing and product status. Remote Sensing of Environment, 83(1-2), 3-15.
3. Wan, Z., et al. (2004). MODIS Land Surface Temperature products: Key issues and methodologies. Remote Sensing of Environment, 83(1), 5-18.
4. Tucker, C.J. (1979). Red and photographic infrared linear combinations for monitoring vegetation. Remote Sensing of Environment, 8, 127-150.
5. Kogan, F. (1995). Application of vegetation index and brightness temperature for drought detection. Advances in Space Research, 15(11), 91-100.





6. Pettoirelli, N., et al. (2005). Using the satellite-derived NDVI to assess ecological responses to environmental change. *Trends in Ecology & Evolution*, 20(9), 503–510.
7. Zhang, J., et al. (2017). Drought monitoring using MODIS data in Northern China. *Remote Sensing of Environment*, 199, 296–310.
8. Anyamba, A., et al. (2014). Global monitoring of droughts using satellite observations. *Bulletin of the American Meteorological Society*, 95(6), 789–805.
9. Kariyeva, J., et al. (2012). Land cover and land use change in post-Soviet Central Asia. *Remote Sensing of Environment*, 121, 106–118.

