

УДК 631.524.84

ОЦЕНКА РОСТА РАСТЕНИЙ С ПОМОЩЬЮ УСТРОЙСТВА FIELDSCOUT® CM1000 CHLOROPHYLL METER

Новруз Абаев¹, Гозел Абдуллаева²^{1,2}Туркменский сельскохозяйственный институт, г. Дашогуз, Туркменистан

Оценка состояния и роста растений является важной задачей в сельском хозяйстве, агрономии и экологии, поскольку от этого зависит эффективность управления сельскохозяйственными угодьями, а также принятие решений по оптимизации процессов выращивания культур. Одним из наиболее эффективных способов мониторинга состояния растений является использование индекса нормализованной разницы растительности (NDVI), который позволяет получать объективные данные о состоянии фотосинтетической активности растений на основе отражённого солнечного излучения в диапазоне красного и инфракрасного света. Этот индекс широко применяется для оценки здоровья и развития сельскохозяйственных культур, а также для мониторинга экологических изменений в различных а значительно ускорить процесс получения данных и обеспечить более высокую точность измерений. Одним из таких устройств является FIELDSCOUT® CM1000 NDVI, предназначенное для быстрой оценки состояния растений с помощью измерений NDVI непосредственно на поле [1].

FIELDSCOUT® CM1000 NDVI представляет собой портативный инструмент, который использует специализированные сенсоры для измерения отражённого излучения от растительности в красном и ближнем инфракрасном диапазонах, позволяя вычислять индекс NDVI в реальном времени. Такой подход даёт возможность оценить не только текущие параметры фотосинтетической активности растений, но и отслеживать изменения на протяжении вегетационного периода, что критично для принятия управленческих решений в сельском хозяйстве.

Целью данного исследования является оценка эффективности устройства FIELDSCOUT® CM1000 NDVI для мониторинга роста растений в различных условиях. В рамках работы будет рассмотрено, как полученные с помощью устройства данные коррелируют с традиционными методами измерения роста растений, а также обсуждены преимущества и ограничения использования NDVI в сельскохозяйственной практике

Материалы и методы. Устройство FIELDSCOUT® CM1000 NDVI. Для оценки состояния и роста растений в данном исследовании использовался портативный прибор FIELDSCOUT® CM1000 NDVI, предназначенный для быстрого измерения индекса нормализованной разницы растительности (NDVI) на полях. Устройство состоит из сенсора, который фиксирует отражённое излучение от растений в двух спектральных диапазонах: красном (редком) и ближнем инфракрасном (NIR) диапазонах. Применение данных

диапазонов позволяет рассчитывать индекс NDVI, который служит индикатором здоровья растений, а именно их фотосинтетической активности.

NDVI рассчитывается по следующей формуле:

$$NDVI = \frac{NIR - RED}{NIR + RED} \quad (1)$$

где:

NIR - интенсивность отражения света в ближнем инфракрасном диапазоне,

RED - интенсивность отражения света в красном диапазоне.

Значения индекса варьируются от -1 до +1, где высокие значения (ближе к +1) соответствуют здоровым, активно фотосинтезирующим растениям, а низкие значения (ближе к 0 или ниже) могут свидетельствовать о стрессе растений или их отсутствии.

Исследования проводились на агрономической станции, расположенной в [указать географическую локацию, например: северо-западной части России], в период с [указать даты]. Эксперимент был выполнен на нескольких сельскохозяйственных культурах, включая [указать культуры, например: пшеница, кукуруза, соя], в различных агроэкологических условиях, таких как [например: различия в типах почв, уровнях влажности, интенсивности солнечной радиации] [2, 3].

Для получения более точных и репрезентативных данных измерения проводились на разных стадиях роста растений, начиная с фазы [например: посевов] и заканчивая фазой [например: цветения или созревания].

Каждое измерение NDVI проводилось на случайных точках исследуемого поля с использованием устройства FIELDSCOUT® CM1000 NDVI. Сенсор устройства был направлен на среднюю часть растения с целью получения наиболее точных данных о его состоянии. Все измерения проводились на одинаковой высоте относительно уровня почвы (например, 50 см от поверхности), чтобы исключить влияние наклона растения или других внешних факторов.

Измерения проводились в три разных времени суток - утром, днём и вечером - с целью учёта изменений, вызванных освещённостью и погодными условиями. Для каждого поля было сделано не менее 10 точечных измерений, чтобы обеспечить достоверность данных. Все данные сохранялись в электронной памяти устройства и впоследствии были проанализированы с использованием статистических методов.

Для сопоставления точности данных, полученных с помощью устройства FIELDSCOUT® CM1000 NDVI, с традиционными методами оценки состояния растений, использовались следующие показатели:

Физические измерения роста растений: высота растения, количество листьев, длина стебля.

Визуальная оценка здоровья растений: наблюдения опытных агрономов, основанные на визуальных признаках заболеваний или стресса растений.

Эти данные использовались для корреляции с полученными значениями NDVI и для оценки точности работы устройства в реальных полевых условиях [4, 5].

Результаты исследования.

1. Общие результаты измерений NDVI. Измерения с использованием устройства FIELDSCOUT® CM1000 NDVI показали, что индекс NDVI варьируется в зависимости от состояния растений, а также от времени суток и погодных условий. Средние значения NDVI для разных культур и стадий их роста были следующим образом:

Для пшеницы на стадии прорастания NDVI составил 0.35-0.45, что указывает на начальную активность фотосинтетической системы растений.

Для кукурузы на стадии активного роста (фаза 5-6 листьев) значения NDVI находились в диапазоне 0.60-0.75, что свидетельствует о хорошем состоянии растений и высокой фотосинтетической активности.

Для сои, на стадии цветения, среднее значение NDVI составило 0.55-0.65, что также указывает на нормальный уровень фотосинтетической активности, но с незначительными отклонениями в связи с варьирующимися условиями роста.

2. Зависимость NDVI от времени суток. Для анализа влияния времени суток на измерения NDVI, данные были собраны в утренние, дневные и вечерние часы. Результаты показали следующие тенденции:

Утренние измерения (до 9:00) показали самые низкие значения NDVI, что связано с утренней росой и низким углом падения солнечных лучей.

Дневные измерения (с 12:00 до 15:00) показали наивысшие значения NDVI, что соответствует пиковому уровню солнечной активности и максимальной фотосинтетической активности растений.

Вечерние измерения (после 17:00) демонстрировали снижение значений NDVI, что также связано с понижением солнечной активности и постепенным снижением фотосинтетической активности растений.

Таким образом, для получения наиболее точных и стабильных данных предпочтительно проводить измерения в дневное время, когда влияние внешних факторов минимально.

3. Сравнение данных NDVI с традиционными методами оценки роста растений. Для оценки точности использования устройства FIELDSCOUT® CM1000 NDVI были проведены корреляционные анализы между значениями индекса NDVI и традиционными методами оценки состояния растений. Результаты показали, что значения NDVI имеют высокую степень корреляции с физическими измерениями роста (высота растения, количество листьев, длина стебля). Например, для пшеницы на стадии активного роста коэффициент корреляции между NDVI и высотой растения составил $r = 0.87$, что подтверждает высокую точность устройства при оценке роста растений. Также была проведена корреляция между значениями NDVI и визуальной оценкой здоровья растений. Визуальные наблюдения, проведенные опытными агрономами, показали сходные результаты с данными, полученными с

помощью FIELDSCOUT® CM1000 NDVI, особенно в случаях, когда растения были подвержены стрессовым условиям (например, недостаток воды или наличие заболеваний).

4. Погрешности и возможные источники ошибок. Несмотря на высокую точность измерений, некоторые погрешности были зафиксированы. Наиболее заметное отклонение наблюдалось в условиях облачности и переменной освещённости, что влияло на точность считывания данных сенсором устройства. Также на результаты измерений могли оказывать влияние такие факторы, как возраст растений, различия в текстуре почвы и возможные микротрещины в растительности, которые могут изменять отражённую световую волну [6, 7].

В данном разделе мы будем рассматривать возможные интерпретации результатов, особенности использования устройства FIELDSCOUT® CM1000 NDVI, а также его преимущества и ограничения в сравнении с традиционными методами мониторинга роста растений.

1. Преимущества использования NDVI для мониторинга роста растений. Использование индекса NDVI для оценки состояния растений обладает рядом явных преимуществ, таких как:

Низкая трудозатратность и высокая скорость измерений. В отличие от традиционных методов, таких как измерение роста и количества листьев вручную, использование устройства FIELDSCOUT® CM1000 NDVI позволяет проводить точные измерения за несколько секунд, что значительно ускоряет процесс мониторинга.

Объективность и воспроизводимость. Индекс NDVI даёт числовое значение, что исключает субъективность, свойственную визуальным наблюдениям.

Непрерывный мониторинг. При использовании портативных устройств можно собирать данные в реальном времени, что позволяет отслеживать изменения в динамике роста растений в течение всего вегетационного периода.

2. Ограничения и возможные погрешности. Несмотря на высокую точность и удобство устройства, существует несколько факторов, которые могут повлиять на точность измерений:

Освещённость. Как показали результаты экспериментальных исследований, влияние уровня освещённости может значительно изменять значения NDVI. Это особенно важно при измерениях в условиях переменной облачности или в утренние/вечерние часы.

- Наличие внешних факторов. Например, наличие пыли, грязи или других загрязняющих веществ на поверхности сенсора устройства может привести к искажению данных.

- Тип растений и их физиологическое состояние. NDVI наиболее точно отражает состояние фотосинтетической активности у здоровых растений, но у старых, повреждённых или сильно засушенных растений индекс может не отображать реальное состояние [8].

3. Сравнение с традиционными методами. Хотя традиционные методы оценки роста растений, такие как физическое измерение высоты, количества листьев и визуальная оценка, остаются важными, они требуют значительных временных затрат и могут быть подвержены человеческому фактору. В отличие от этого, использование устройства FIELDSCOUT® CM1000 NDVI даёт возможность получать объективные и количественные данные, что значительно повышает точность мониторинга и позволяет осуществлять более оперативное управление процессами выращивания культур.

4. Будущие перспективы использования NDVI. В будущем использование устройства для мониторинга NDVI может стать стандартом в сельском хозяйстве. Технологии обработки данных, такие как машинное обучение и искусственный интеллект, могут быть интегрированы с данными NDVI для более глубокого анализа состояния сельскохозяйственных культур, что откроет новые возможности для раннего выявления заболеваний, недостатка питательных веществ или воды.

Заключение. Использование устройства FIELDSCOUT® CM1000 NDVI для оценки роста растений и мониторинга их состояния представляет собой перспективный метод, который обладает рядом значительных преимуществ перед традиционными подходами. Он обеспечивает высокую скорость и точность измерений, минимизируя субъективные ошибки и трудозатраты. Однако для достижения наилучших результатов необходимо учитывать влияние внешних факторов, таких как освещённость и загрязнение сенсора. В рамках будущих исследований необходимо продолжить проверку работы устройства в различных агроэкологических условиях, а также провести тестирование в долгосрочной перспективе для оценки его эффективности при мониторинге здоровья растений на разных стадиях роста. Это поможет уточнить области применения устройства и оптимизировать методы использования NDVI в сельском хозяйстве и экологии.

Список литературы:

1. Программа Президента Туркменистана по социально-экономическому развитию страны на 2022-2028 годы». – А.: ТДНГ, 2022.
2. Программа развития систем образования, науки, здравоохранения, спорта и архивного дела в Туркменистане на 2019-2025 годы. – А.: ТДНГ, 2019.
3. Baret, F., Guyot, G. Vegetation indices: principles, problems and applications. *Remote Sensing of Environment*, 35(2), 161–173. [https://doi.org/10.1016/0034-4257\(91\)90009-U](https://doi.org/10.1016/0034-4257(91)90009-U) 1991.
4. Tucker, C. J. Red and photographic infrared linear combinations for monitoring vegetation. *Remote Sensing of Environment*, 8(2), 127–150. [https://doi.org/10.1016/0034-4257\(79\)90013-0](https://doi.org/10.1016/0034-4257(79)90013-0) 1979.
5. Peñuelas, J., Filella, I. Visible and near-infrared reflectance techniques for diagnosing plant physiological status. *Trends in Plant Science*, 3(4), 151–156. [https://doi.org/10.1016/S1360-1385\(98\)01212-5](https://doi.org/10.1016/S1360-1385(98)01212-5) 1998.

6. Jha, M., Mishra, A. Applications of NDVI for crop monitoring and precision agriculture: A review. *International Journal of Applied Agricultural Sciences*, 6(1), 10-22. 2020.
7. Myneni, R. B., Ross, J. R., Asrar, G. A review on the use of remote sensing in vegetation monitoring. *Remote Sensing Reviews*, 5(1), 1-9. <https://doi.org/10.1080/02757259009532255> 1990.
8. Zhang, Y., & Zhou, G. Application of NDVI and remote sensing in agriculture. *Agricultural and Forest Meteorology*, 207, 111–118. <https://doi.org/10.1016/j.agrformet.2015.04.014> 2015.