

ОПЫТ ДИСТАНЦИОННОГО МОНИТОРИНГА ПОСЕВНЫХ УГОДИЙ

С.А. Худайназаров, преподаватель

А.А. Шамурадов, студент

Туркменский государственный университет имени Махтумкули
(Туркменистан, г. Ашхабад)

DOI: 10.24412/2500-1000-2023-4-4-130-133

Аннотация. В сельскохозяйственном секторе программное обеспечение *Exactfarming*, работающее как онлайн-сервис, использует преимущества дистанционного мониторинга в растениеводстве. Он осуществляется при помощи измерения NDVI, EVI, NDMI, MSAVI2, которые используются в основном при расчете вегетационных индексов растительности. Так как в настоящее время программное обеспечение использует данные мультиспектральных каналов (разрешение 10-30 м) спутников Sentinel-2A 2015 года запуска и второго спутника Sentinel-2B, запущенного в 2017 году, каждые 3-5 дней можно получать обновленные изображения поверхности исследуемой территории. На основе этих данных в 2020 году была создана электронная карта полей озимой пшеницы на площади 14,92 га в Халачском районе Туркменистана, а также в экспериментальном порядке в течение 1,5 лет проводился удаленный мониторинг. Во время экспериментального наблюдения на посевной площади регулярно проводились различные агротехнические мероприятия, осуществлялся контроль за правильными условиями произрастания растений, подачей воды, севооборотом, уровнем уровня, климатическими условиями и и надлежащее выполнение других задач.

Ключевые слова: вегетационные индексы, урожайность осенней пшеницы, «*Exactfarming*» (точное земледелие), цифровое картографирование, NDVI, EVI, NDMI, MSAVI2, влажность почв, дистанционного мониторинга.

В целях применения современных методов в исследованиях при проведении дистанционного спектрального мониторинга сельскохозяйственных земель были использованы возможности программного обеспечения «*Exactfarming*», функционирующего в режиме онлайн-сервиса. Тогда для вычисления числовых показателей нормального роста растений, в основном, использовался индекс NDVI (Normalized Difference Vegetation Index); расширенный индекс нормального роста растений – EVI (Enhanced Vegetation Index); индекс, определяющий уровень влажности растений – NDMI (Normalized Difference Moisture Index); индекс, определяющий изменение типа почвы – MSAVI2 (Modified Soil-Adjusted Vegetation Index) [2]. Использовались данные, предназначенные для сельскохозяйственного сектора через программное обеспечение (разрешение 10-30 м), полученные из мультиспектральных каналов искусственных спутников «Sentinel-2A» запущен в 2015 г. и «Sentinel-2B» за-

пущен в 2017 г. Европейским космическим агентством, широко распространённые в развитых странах мира. На их основе каждые 3–5 дней получали обновляемые космические снимки поверхности изучаемой территории и проводили анализ с помощью различных числовых показателей роста растений. Эти исследования были проведены в 2020 году на полях посева озимой пшеницы, что находятся в 577 км от пункта наблюдения (г. Ашхабад), то есть была составлена электронная карта площади 14,92 га на территории Халачского этрапа, и в течение 2 лет по согласованию с арендаторами земельного участка проводился дистанционный спектральный мониторинг на пилотной основе. В ходе мониторинга под постоянный контроль без непосредственного присутствия человека попали различные агротехнические мероприятия, проводимые в пределах испытываемой зоны, в том числе, наблюдения за условиями нормального роста растений, водоснабжением, севооборотом, степенью

утрамбованности земли, погодными условиями, своевременным и надлежащим проведением прочих работ [4].

Процесс мониторинга продолжается непрерывно, начиная от посева пшеницы

(04.10.2020) до сбора урожая (27.05.2021), последующего севооборота и далее (рис. 1).

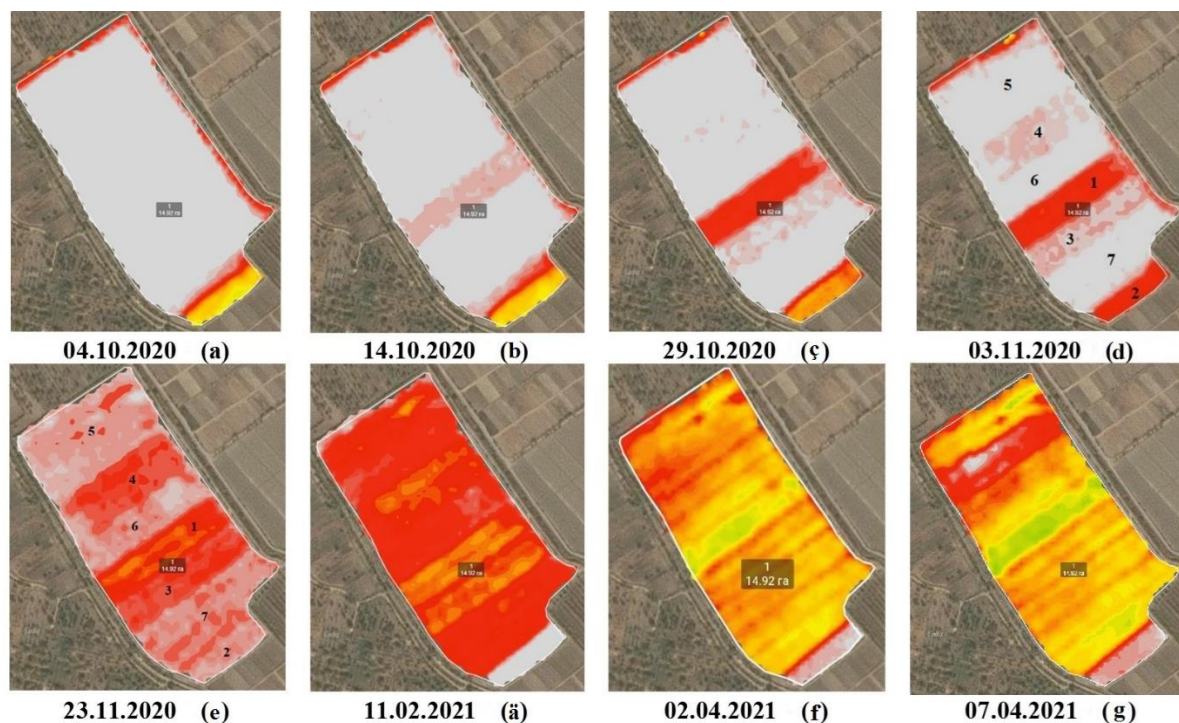


Рис. 1. Непрерывный дистанционный мониторинг роста посева озимой пшеницы и сравнение информационной электронной NDVI-карты [6]

На снимках, полученных при обработке данных искусственного спутника от 27 мая 2021 года, видно, что урожайная зона посевного поля окрашена в равномерный красный цвет, что свидетельствует о том, что испытуемое пшеничное поле площадью 14,92 га полностью готово к уборке. Это означает, что все агротехнические мероприятия в поле выполнены правильно и в срок, а выявленные мониторингом недочёты устранены незамедлительно.

После того как озимая пшеница, посеянная 4 октября 2020 года, была успешно возвращена и собрана, с целью подготовки ко второму урожаю до следующего посевного сезона арендаторы засеяли поля различными кормовыми, бобовыми, зерновыми и плодовоовощными культурами.

В ходе послеуборочного мониторинга и анализа посевов пшеницы были обработаны некоторые данные, полученные с космоса. Среди них оказались мультиспектральные данные, полученные со спутника 4 сентября 2021 года, по которым были изучены количественные показатели нормального роста растений и проведены аналитические работы методом сравнения. В этот день температура воздуха на полях была равна $+28^{\circ}\text{C}$, уровень запылённости находился в норме, то есть предельно допустимая концентрация (ПДК) составляла в среднем $0,15 \text{ мг/м}^3$ в сутки, поэтому наблюдалась ясная безоблачная погода с уровнем влажности – 22%. Уровень точности космических данных, полученных при таких благоприятных природных условиях, становится заметно выше (рис. 2).

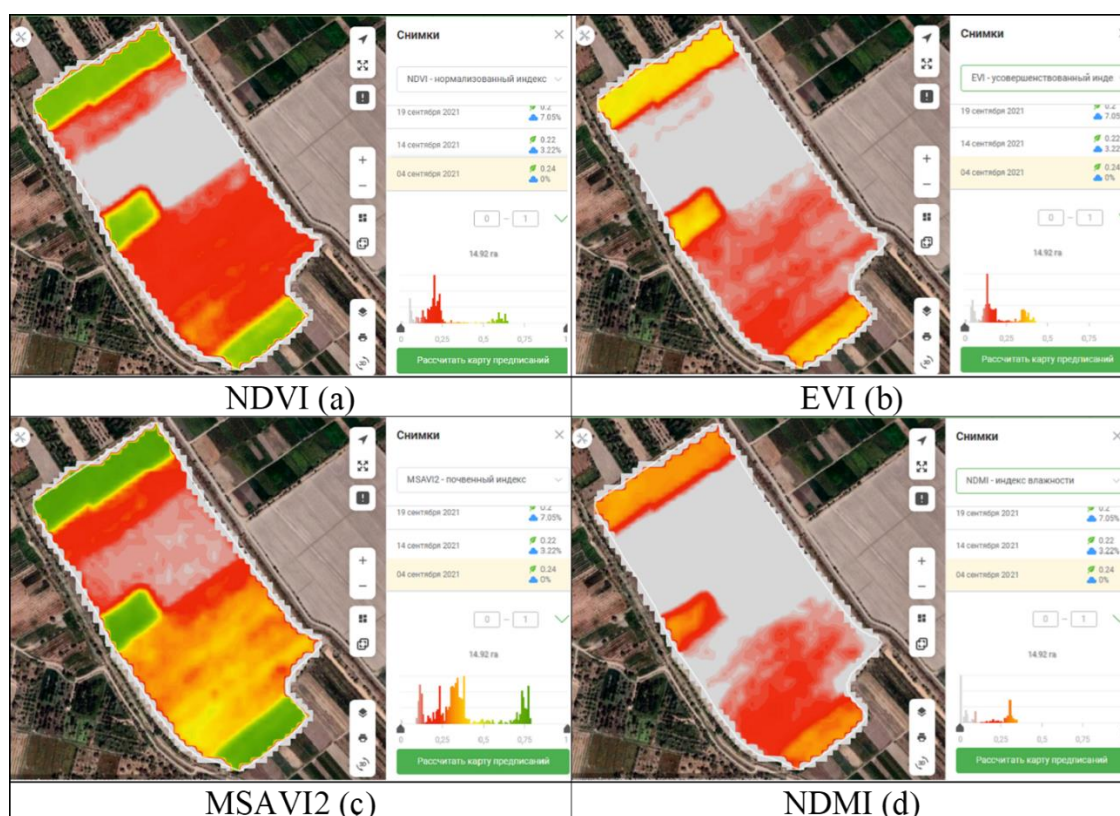


Рис. 2. Послеуборочный анализ посевов пшеницы (04.09.2021 г.) [7]

Согласно расчётам:

– В соответствии с индикаторами NDVI – 1,72 га (11,5%) земельной площади покрывают созревшие кормовые зерновые культуры, чья густая зелень достигает 70-80 см и выше. Это зелёные области на рисунке (а). В северной зелёной зоне NDVI = 0,71, а в центральной и в южной зелёных зонах NDVI = 0,69. Это означает, что в северной зелёной зоне плотность и уровень зелени посевов высокий, а высота растительности соответственно составляет 70-80 см. А вот зелёные участки в центре и на юге являются одной и той же культурой, но плотность там немного ниже, и если сравнивать их листья с листьями северной зоны этой культуры, то цвет преобладает жёлтый. NDVI = 0,15-0,27 на окрашенных в красный цвет участках посевных площадей, что составляет 9,65 га (64,69%) посевных площадей, и эти участки относятся к низкорослым, редко возделываемым культурам. В красных зонах участка NDVI=0,15-0,27, и занимает 9,65 га (64,69%) посевных площадей, то есть это земли со скудными низкорослыми насаждениями. Белые зоны поля на рисунке (а),

где проводится исследование, имеют индекс NDVI = 0,01, что охватывает 3,55 га (23,81%) обрабатываемой площади. Это означает, что эти области являются оголёнными, с редкой растительностью. Жёлтые области – переходные зоны культур опытного поля, и там преобладает растительность высотой 50-55 см [5, 6].

- Поскольку EVI является расширенным индексом, мы убедились, что информация, выраженная индексом NDVI, является точной рисунком (б). Однако было обнаружено, что красные зоны в северной части по сравнению с южной редко бывают синими.

- MSAVI2 – индекс, определяющий изменение типа почвы и предоставляющий более точные данные при изучении оголённых участков с редкой растительностью. MSAVI2=0,02 обозначен светло-фиолетовыми зонами на рисунке (в), и охватывает 3,55 га (23,81%) обрабатываемой площади. Было установлено, что эти земли были вспаханы после уборки урожая пшеницы без посева других культур. – NDMI является основным индексом, используемым для определения уровня

влажности растений, и он разделён на три цвета, как показано на рисунке (д). Области оранжевого цвета считаются участками с нормальным водоснабжением растений. В этих местах $NDMI=0,35-0,40$. Растения в красных зонах имеют $NDMI=0,25$, то есть преобладает низкая влажность листьев растений, а в белых зонах $NDMI=0,01$, что указывает на отсутствие

растительного покрова участка или сухую растительность.

Таким образом, благодаря дистанционному спектральному мониторингу сельскохозяйственных угодий, упростив выполнение необходимых мероприятий, можно за короткий промежуток времени выполнить несколько задач мониторинга и наладить цифровую службу управления.

Библиографический список

1. Аллаков М., Основы картографии. – А.: Наука, 2001.
2. Барталев С.А., Лупян Е.А., Нейштадт И.А., Савин И.Ю. Дистанционная оценка параметров сельскохозяйственных земель по спутниковым данным спектрорадиометра MODIS // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. – 2005. – Т. 2, № 2 – С. 228-236.
3. Martha R. Taylor, Jean L. Dickey, Kelly Hogan., Biology concepts and connections (Ninth edition). Boston: Pearson Education, 2017.
4. Лиджиева Н.Ц., Уланова С.С., Федорова Н.Л. Опыт применения индекса вегетации (ndvi) для определения биологической продуктивности фитоценозов аридной зоны на примере региона черные земли, 2012.
5. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://app.exactfarming.com/#/auth/register/shchuk@gmail.com>.
6. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.exactfarming.com>.
7. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://demoapp.exactfarming.com/dashboard>.

EXPERIENCE IN REMOTE MONITORING OF CROPLANDS

S.A. Khudainazarov, Lecturer
A.A. Shamuradov, Student
Makhtumkuli Turkmen State University
(Turkmenistan, Ashgabat)

Abstract. *In the agricultural sector, Exactfarming software, operating as an online service, takes advantage of remote monitoring in crop production. It is carried out by measuring NDVI, EVI, NDMI, MSAVI2, which are used mainly in the calculation of vegetation indices of vegetation. Since the software currently uses data from multispectral channels (resolution 10-30 m) of the Sentinel-2A satellites launched in 2015 and the second Sentinel-2B satellite launched in 2017, updated images of the surface of the studied area can be obtained every 3-5 days. Based on these data, an electronic map of winter wheat fields was created in 2020 on an area of 14.92 hectares in the Khalach district of Turkmenistan, and remote monitoring was conducted experimentally for 1.5 years. During the experimental observation, various agrotechnical measures were regularly carried out on the sown area, control was carried out over the correct conditions of plant growth, water supply, crop rotation, level level, climatic conditions and proper performance of other tasks.*

Keywords: *vegetation indices, autumn wheat yield, "Exactfarming" (precision farming), digital mapping, NDVI, EVI, NDMI, MSAVI2, soil moisture, remote monitoring.*