

лоножкина, В. В. Карпачев, Е. В. Наумов, М. М. Васильев, О. Ф. Петров // Экологический вестник Северного Кавказа. – 2015. –Т. 11, № 1.– С. 26–30.

10. Люшкевич, В. А. Стимуляция метаболизма лекарственных растений с помощью обработки низкотемпературной плазмой и электромагнитным полем / В. А. Люшкевич, И. И. Филатова, Е. Е. Жукова, Г. Паужайте // Ж. Доклады Белорусского Государственного университета информатики и радиоэлектроники, 2016, № 7 (101) – С. 188–191.

11. Дуткевич, Д. Е. Обоснование режимов обработки семян многолетних трав излучениями низкотемпературной гелиевой плазмы: автореф. дис...с.-х. наук: 06.01.12 / Дуткевич Дмитрий Евгеньевич. – Смоленск, 2005. – 21 с.

УДК 636.085:633.1+635.853.52

ПРИМЕНЕНИЕ НОРМАЛИЗОВАНО-РАЗНОСТНОГО ВЕГЕТАЦИОННОГО ИНДЕКСА (NDVI) В АНАЛИЗЕ СОИ

Б. С. Боярский аспирант, *Высшая школа науки и техники;*

Х. Хасегава д-р наук, доц.; **А. Людэ** ассистент профессора.

Институт науки и технологии. Нишгата университет, Нишгата, Япония.

Установлено, что нормализовано-разностный вегетационный индекс (NDVI) позволяет оценить и представить в количественной форме физические свойства поверхности сои. NDVI как средство для сбора данных и измерительный инструмент, является необходимым нововведением для оценки состояния сельскохозяйственной культуры на определенных стадиях роста, питательного режима почвы, агрономических факторов, состояния влажности и сорной растительности. Цель данного исследования – прояснить возможность применения наземного изображения для мониторинга и обсуждение значимости NDVI в анализе сои.

Ключевые слова: *соя, нормализовано-разностный вегетационный индекс (NDVI), урожайность, прогнозирование, зондирование.*

APPLICATION OF NDVI IN SOYBEAN ANALYSIS

Boiarskii Boris graduate student, Graduate School of Science and

Boiarskii Boris graduate student, Graduate School of Science and Technology; **Hasegawa Hideo** Ph.D., associate professor; **Lyude**

Anna assistant professor.

Institute of Science and Technology, Niigata University, Niigata, Japan

Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) has been found to assess and quantify physical properties of soybean surfaces. NDVI as an implement for data collection and measuring tool is an indispensable innovation to estimate crop condition at certain growth stages, soil nutrient status, agronomic factors, moisture status and weeds. The purpose of this study is to clarify the potential application of aerial imaging to monitor, and discussion on NDVI usefulness in analysis of soybean.

Keywords: *soybean, NDVI, yield, forecasting, sensing.*

В течение последних нескольких лет, правительство, учёные и фермеры всё больше осознают важность точного земледелия и потребности развития в этом направлении. С текущими прогнозами ожидаемого роста населения мира и последующим сокращением земельного фонда и природных ресурсов, возникнет необходимость в более дешевой, более эффективной и экологически безопасной сельскохозяйственной продукции [6]. Применение новых технологий может минимизировать потери от пестицидов, необходимых для эффективной борьбы с сорняками, болезнями и вредителями, и обеспечить посевы необходимыми питательными веществами [1]. Использование NDVI в сельском хозяйстве начинает быстро развиваться, а вопрос внедрения этих технологий в сферу земледелия становится крайне важным. Современные аппаратные средства, такие как мультиспектральные камеры, делают дистанционный анализ более информативным и значительно расширяют их спектр применений [2].

NDVI определяется как отношение разности значений между инфракрасной (коэффициент отражения в ближней инфракрасной области спектра) и красной областях спектра к сумме данных значений. Снижение скорости фотосинтеза и изменения в мезофилле листа обычно связано с уменьшением отражатель-

ной способности длины волны в пределах ближнего инфракрасного диапазона спектра [3]. Измерители уровня хлорофилла могут использоваться для определения относительного состояния хлорофилла в тканях растения [4]. Вегетационные индексы, такие как NDVI, обычно используются для противопоставления более сильного поглощения хлорофиллом красной длины волны с более высокой отражательной способностью длины волны в ближнем инфракрасном диапазоне спектра [2].

Мультиспектральная камера, которая обеспечивает NDVI, фотографирует с помощью спектральных каналов красной (0,55–0,75 мкм) и инфракрасной (0,75–1,0 мкм) области [5]. Только после обработки специальным программным обеспечением, изображения могут быть проанализированы с целью оценки различных характеристик сельскохозяйственной культуры и почвы. NDVI определяется как:

$$NDVI = \frac{NIR - RED}{NIR + RED};$$

как правило, чем выше NDVI, тем больше коэффициент отражения света в ближнем инфракрасном диапазоне, и меньше коэффициент отражения света в КРАСНОМ/видимом диапазоне, поэтому целевая зона включает в себя больше растительности [10].

Данное измерение используется в сельском хозяйстве для анализа состояния посевов на определенных стадиях роста, питательных веществ в почве, агрономических факторов, состояния влаги и сорняков. Потенциал использования данных дистанционного зондирования заключается в прогнозировании урожайности [8]. Для сравнения, традиционные прогнозы, основанные на исследованиях, относительно дорогостоящи и трудоемки. Благодаря уникальным особенностям пространственных данных, NDVI может предоставить значительную ценность для фермерских земель, где метеорологическая сеть недостаточна, а

официальные оценки производства сельскохозяйственных культур являются либо неточными, либо несуществующими [7].

Тем не менее, значения NDVI динамично изменяются из-за таких факторов как температура воздуха, влажность, солнечная радиация, влажность почвы и т. д. В разных работах говорится о том, что значения NDVI сои динамично варьируются в разное время суток, снижается скорость фотосинтетического обмена во второй половине дня, когда интенсивность света аналогична интенсивности света утром [6]. Таким образом, нестабильное измерение создает новые проблемы, связанные с низкой точностью анализа при использовании NDVI. Создание модели прогнозирования NDVI сои может эффективно модифицировать эту вариацию [9].

В нашем дальнейшем исследовании мы рассмотрим тенденцию изменчивости NDVI сои и модели прогнозирования для определенных климатических условий и с различными сортами растений. NDVI сои позволит контролировать фотосинтез растительности во времени и обеспечит легкое проведение временных и пространственных сравнений. Однако неопределенности, имеющие отношение к ложному изменению, обычно не были выражены в количественной форме в прошлых исследованиях. Поэтому неясно, в какой степени мониторинг на основе NDVI надежен.

Мы планируем создать модель соотношения для прогнозирования урожайности различных сортов сои с погрешностями в течение дня, с изменениями температуры и влажности воздуха. Научно-исследовательский проект, проводимый Всероссийским научно-исследовательским институтом сои и Университетом Ниигата, призван определить другой подход для решения новых проблем в области точности зондирования. Научно-исследовательская работа обеспечит комплексный подход к улучшению общей ситуации в производстве сои, её урожайности и качества.

Литература

1. Альберт О., Тоби Н., Карлсон Б, Надин Б. Моделирование суточной транспирации и фотосинтеза урожая сои с водным дефицитом. Сельскохозяйственная и лесная метеорология, 1996; 81: 41–59.
2. Боярский Б. Хасегава Х. Технологии картографии и мониторинга полей с применением беспилотных летательных аппаратов (БПЛА) // Актуальные проблемы АПК: взгляд молодых исследователей, Смоленская государственная сельскохозяйственная академия, 2017. – С. 213–216.
3. Карлсон Т. Н., Рипли Д. А. О связи между NDVI, фракционным растительным покровом и индексом площади листа. Журнал «Дистанционное зондирование окружающей среды», 1997. 62: 241–252.
4. Картер Г. А., Кнапп А. К. Оптические свойства листа высших растений: связь спектральных характеристик со стрессом и концентрацией хлорофилла. «Американский журнал ботаники», 2001. 88: 677–684.
5. Диринг Д. Уи. Характеристика отражательной способности природного неогороженного пастбища, измеренная датчиками летательных и космических аппаратов, Диссертация доктора наук. Техасский университет A&M, 1978; 1–338.
6. Гришина Ю. С. Дроны на службе миру // Робототехника и системный анализ. 2015. Выпуск 1.– С. 80–85.
7. Марквелл Дж., Остерман Дж. С., Митчелл Дж. Л. Калибровка Minolta SPAD-502 - измерителя хлорофилла листа. Журнал «Исследование фотосинтеза», 1995. 46: 467–472.
8. Хомолова и др., 2013 Л. Хомолова, З. Маеновский, Дж. Клеверс, Г. Гарсия-Сантос, М.Е. Шэпернан Обзор оптического дистанционного зондирования для картографирования признаков растений. Журнал «Экологическая многогранность», 2013. № 15 – С. 1–16.
9. Ван Кв., Адику С, Тенхунен Дж, Гранье А. О связи NDVI с индексом площади листа на участке лиственного леса. Журнал «Дистанционное зондирование окружающей среды», 2005; 94: 244–255.
10. У и др., 2015 М. У, С. У, Уи. Хуан, З. Ниу, С. Ван. Оценка индекса площади листа высокой разрешающей способности на основе обобщенных данных со спутника Landsat, созданных с помощью пространственно-временной модели слияния данных. Журнал «Компьютеры и электроника в сельском хозяйстве», 115 (2015), – С. 1–11.

Over the past few years, the government, scientists and farmers are increasingly aware of the importance of precision agriculture and

the needs for development in this direction. With current projections of the expected growth in the world's population and the subsequent reduction of available land and natural resources, there will be a necessity for cheaper, more efficient and environmentally safe agriculture production [6]. Application of new technologies can minimize loss of pesticides required to effectively control weeds, diseases and pests, and provide crops with essential nutrients [1]. The use of NDVI in agriculture is beginning to develop rapidly, and the issue of introducing these technologies into agriculture sphere is becoming urgent. Modern hardware, such as multispectral cameras, make remote analysis more informative, and significantly expand their range of applications [2].

NDVI is defined as a ratio of the difference between the infrared (NIR) and the red bands versus the sum of the two bands. Decreasing photosynthesis rates and changes in leaf mesophyll are usually associated with decreasing reflectance of wavelengths within the NIR spectral range [3]. Chlorophyll meters can be used to indicate the relative status of chlorophyll in plant tissues [4]. Vegetation indices, such as the NDVI, are commonly used to contrast the stronger chlorophyll absorption of red wavelengths with the higher reflectance of NIR wavelengths [2].

A multispectral camera, which provides NDVI, takes pictures with spectral channels in red (0.55–0.75 μm) and infrared (0.75–1.0 μm) [5]. Only after processing with special software, images can be analysed to estimate various characteristics of crop and soil. NDVI is defined as:

$$\text{NDVI} = \frac{\text{NIR} - \text{RED}}{\text{NIR} + \text{RED}} ;$$

generally, the higher the NDVI, the more NIR light is reflected and the less RED/visible light is reflected, and therefore the target area includes more vegetation [10].

This measurement has been used in agriculture to analyse crop condition at certain growth stages, soil nutrient status, agronomic factors, moisture status and weeds. The potential of using remote sensing data is to predict crop yield [8]. In comparison, traditional, survey-based forecasts are relatively expensive and labor-intensive. Due to the unique features of the spatial data, NDVI can provide significant value to farmer lands where the meteorological network is scarce and official crop production estimates are either inaccurate or nonexistent [7].

However, NDVI values are varies dynamically due to the factors of air temperature, humidity, solar radiation, soil moisture, etc. Various works reported a soybean NDVI values vary dynamically at different times of a day, decline in the photosynthetic exchange rates during the afternoon when light intensities are similar to those in the morning [6]. Thus, unstable measurement provides new issues in poor accuracy in analysis by using NDVI. The establishment of the soybean NDVI prediction model can effectively modify this variation [9].

In our further study we concerning the soybean NDVI variation trend and prediction models for specific climates and with different cultivars. The NDVI of soybean will allows monitoring vegetation photosynthesis through time and enables easy temporal and spatial comparisons. However, the uncertainties relevant to the false change are not quantified generally in the past studies. It is therefore unclear to what extent the NDVI-based monitoring would be reliable.

We planning to make ratio model for yield forecasting of different soybean varieties with errors during the day, with changes in air temperature and humidity. Research project conducted by the All-Russian Research Institute of Soybeans and Niigata University will be called upon to identify a different approach to solving new issues in sensing accuracy. The research work will provide a comprehensive approach to improve overall situation in soybean production, its yield and quality.

References

1. Albert O, Toby N, Carlson b, Nadine B. Simulation of diurnal transpiration and photosynthesis of a water stressed soybean crop. *Agricultural and Forest Meteorology*, 1996; 81: 41–59.
2. Боярский Б. Хасегава Х. Технологии картографии и мониторинга полей с применением беспилотных летательных аппаратов (БПЛА) // *Актуальные проблемы АПК: взгляд молодых исследователей*, Смоленская государственная сельскохозяйственная академия, 2017. С. 213–216.
3. Carlson T. N., Ripley D. A. On the relation between NDVI, fractional vegetation cover, and leaf area index. *Remote Sens. Environ.*, 1997. 62: 241–252.
4. Carter G. A., Knapp A. K. Leaf optical properties in higher plants: linking spectral characteristics to stress and chlorophyll concentration. *Am. J. Bot.*, 2001. 88: 677–684.
5. Deering D W. Rangeland reflectance characteristics measured by aircraft and spacecraft sensors, Ph.D. Dissertation. Texas A&M Univ., 1978; 1–338.
6. Гришина Ю.С. Дроны на службе миру // *Робототехника и системный анализ*. 2015. Выпуск 1. – С. 80–85.
7. Markwell J., Osterman J. C., Mitchell J. L. Calibration of the Minolta SPAD-502 leaf chlorophyll meter. *Photosynth. Res.*, 1995. 46: 467–472.
8. Homolova et al., 2013 L. Homolova, Z. Maenovskyy, J. Clevers, G. Garcia-Santos, M.E. Schaepnran Review of optical-based remote sensing for plant trait mapping *Ecol. Complexity*, 15 (2013), pp. 1–16.
9. Wang Q, Adiku S, Tenhunen J, Granier A. On the Relationship of NDVI with leaf area index in a deciduous forest site. *Remote Sens Environ.*, 2005; 94:244–255.
10. Wu et al., 2015 M. Wu, C. Wu, W. Huang, Z. Niu, C. Wang High-resolution Leaf Area Index estimation from synthetic Landsat data generated by a spatial and temporal data fusion model *Comput. Electron. Agr.*, 115 (2015), pp. 1–11.

УДК 631.53.04:635.651

ВЛИЯНИЕ ПЛОТНОСТИ И СПОСОБА ПОСЕВА НА ФОТОСИНТЕТИЧЕСКУЮ ДЕЯТЕЛЬНОСТЬ СОРТОВ СОИ

Вэй Жань¹, науч. сотр. проф., **О. А. Селихова**², декан факультета агрономии и экологии канд. с.-х. наук