

**HSI-АГРОМОНИТОРИНГ: СОСТАВЛЯЮЩИЕ
ЭФФЕКТИВНОГО УПРАВЛЕНИЯ СИСТЕМОЙ
«ДИСТАНЦИОННЫЙ ДЕТЕКТОР – ПОЛЕ – НАБЛЮДАТЕЛЬ»**

А.И. Новиков¹, А.В. Лебедев², Д.С. Гаврин³, Т.П. Новикова⁴

¹Агрофизический научно-исследовательский институт

²ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА
имени К.А. Тимирязева»

³ФГБНУ «ВНИИСС им. А.Л. Мазлумова»

⁴ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет
имени Г.Ф. Морозова»

В работе рассмотрены потенциальные варианты применения дистанционного зондирования в рамках HSI-агромониторинга для оценки состояния поля и возможность применения снимков, полученных HSI-камерой. Приведены примеры оценки степени зрелости семян с помощью авиационной системы с HSI-камерой.

Ключевые слова: гиперспектральная съемка, дистанционный мониторинг, агромониторинг, программное обеспечение.

**HSI-AGROMONITORING: COMPONENTS OF EFFECTIVE
CONTROL OF THE «REMOTE DETECTOR – FIELD – OBSERVER»
SYSTEM**

A.I. Novikov¹, A.V. Lebedev², D.S. Gavrin³, T.P. Novikova²

¹Agrophysical Research Institute

²Russian State Agrarian University - Moscow Timiryazev Agricultural Academy

³FSBIS "VNIIS named after A.L. Mazlumov

²Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov

The paper considers potential applications of remote sensing in the framework of HSI-agromonitoring to assess the state of the field and the possibility of using images obtained by an HSI-camera. Examples of assessing the degree of maturity of families using a drone with HSI-camera are given.

Keywords: hyperspectral imaging, remote sensing, agromonitoring, software.

Современное сельское хозяйство стремится к активному использованию системы точного земледелия, при котором учитывается пространственная неоднородность каждого отдельно взятого поля по обеспеченности почвы питательными веществами, влажности. В научной литературе [1] в рамках HSI-агромониторинга часто используется очень широкий термин «дистанционное зондирование Земли» (ДЗЗ), но в таком случае не всегда бывает понятно, какие именно данные ДЗЗ предлагают использовать: космической съемки, аэросъемки или иные. На спектральные характеристики оказывает влияние множество факторов – технические параметры используемых сенсоров, время года, суток, освещенность, угол падения световой волны, длина световой волны (БИК [6,] или видимый [7] диапазон) и т.д. В случае с космической съемкой для снимков Landsat строят свои модели, а для Sentinel – свои, и такая съемка может дать только «среднее по полю» значение. Применение гиперспектральных изображений при разработке моделей и алгоритмов оценки [4,5] состояния отдельного поля может быть затруднено в связи с отсутствием экспертной интерпретации (расшифровки) снимков.

Однако, несмотря на особенности, описанные выше, у дистанционного зондирования, со спутника или с дрона, оснащенного гиперспектральной системой детектирования, есть большой практический потенциал применения, в частности, в свекловодстве и свеклосеменоводстве:

1. HSI-агромониторинг обеспеченности посевов свеклы первого года жизни (фабричных или маточных) элементами минерального питания, в

первую очередь азотом – известно, что при его недостатке снижается содержание хлорофилла в листьях и растения приобретают бледный цвет.

2. HSI-агромониторинг возникновения и распространения в посевах первого года жизни болезней листового аппарата, либо корневой системы, вызывающих изменение цвета листьев (пожелтение, побурение).

3. HSI-агромониторинг плантаций семенных растений сахарной свеклы с целью оперативной оценки степени созревания семян и принятия решения о начале уборки последних. В классических руководствах по семеноводству указано, что к уборке следует приступать, когда наблюдается побурение семян на 40-60 % семенных растений. Так как сроки созревания семян сахарной свеклы довольно растянуты во времени, часто на практике бывает трудно определить оптимальный момент начала уборки [2,3]:

- если запоздать – начинают осыпаться первые самые зрелые, и как правило, высококачественные, семена (потери могут достигать до 25-30 % урожая);

- если же начать слишком рано – в обмолоченный ворох попадают незрелые зеленые, недостаточно сформировавшиеся семена с пониженной всхожестью, ухудшающие качество всего урожая.

Особенно важно для производственных условий при наличии больших (несколько гектаров – десятков гектаров) семеноводческих полей, готовность к уборке которых часто может быть трудно оценить с земли и глазомером даже опытного агронома. При помощи гиперспектральной системы детектирования, установленной на динамической базе, и определенного программного обеспечения возможно будет достаточно быстро оценить в процентном отношении степень зрелости семян на том или ином поле (или части большого поля).

Таким образом, важными составляющими для эффективного управления системой «дистанционный детектор – поле – наблюдатель» являются правильный выбор детектирующей системы (разрешение, спектральная полосность и другие параметры), её правильное позиционирование как во временном, так и пространственном положении, сопоставление, как минимум, с микрорельефом поля, а также степень обученности наблюдателя для адекватной интерпретации данных на HSI-изображениях.

Список литературы

1. Михайленко, И. М. Оценивание параметров состояния биомассы корнеплодных культур по данным дистанционного зондирования Земли / И. М. Михайленко, В. Н. Тимошин // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. – 2025. – Т. 22, № 3. – С. 161-170. – DOI 10.21046/2070-7401-2025-22-3-161-170.
2. Роев, Р. Н. Биология семенных растений и особенности уборки семян гибридов сахарной свеклы / Р. Н. Роев, И. И. Бартенев, Д. С. Гаврин // Сахарная свекла. – 2023. – № 4. – С. 18-20. – DOI 10.25802/SB.2023.46.79.002.
3. Путилина, Л. Н. Формирование технологического качества корнеплодов сахарной свеклы под действием внекорневых подкормок / Л. Н. Путилина, Д. С. Гаврин, Н. Г. Кульнева // Технологии пищевой и перерабатывающей промышленности АПК – продукты здорового питания. – 2020. – № 1. – С. 49-58.
4. How Can the Engineering Parameters of the NIR Grader Affect the Efficiency of Seed Grading? / T. P. Novikova, C. B. Mastrangelo, P. Tylek [et al.] // Agriculture. – 2022. – Vol. 12, No. 12. – P. 2125. – DOI 10.3390/agriculture12122125.
5. Лебедев, А. В. Регрессионные модели смешанных эффектов в лесохозяйственных исследованиях / А. В. Лебедев, В. В. Кузьмичев // Сибирский лесной журнал. – 2021. – № 1. – С. 13-20. – DOI 10.15372/SJFS20210102.
6. VIS-NIR wave spectrometric features of acorns (*Quercus robur* L.) for machine grading / A. I. Novikov [et al.] // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. Vol. 392. – P. 012009. – DOI 10.1088/1755-1315/392/1/012009.

References

1. Mikhailenko, I. M. Estimating the parameters of the biomass state of root crops by remote sensing of the Earth / I. M. Mikhailenko, V. N. Timoshin // Modern problems of remote sensing of the Earth from space. – 2025. – Vol. 22, No. 3. – pp. 161-170. – DOI 10.21046/2070-7401-2025-22-3-161-170.

2. Roev, R.N. Biology of seed plants and features of harvesting seeds of sugar beet hybrids / R.N. Roev, I. I. Bartenev, D. S. Gavrin // Sugar beet. – 2023. – No. 4. – pp. 18-20. – DOI 10.25802/SB.2023.46.79.002.

3. Putilina, L. H. Formation of technological quality of sugar beet root fruits under the action of foliar fertilizing / L. H. Putilina, D. S. Gavrin, N. G. Kulneva // Technologies of the Food and Processing Industry of the AIC – Healthy Food Products. – 2020. – No. 1. – Pp. 49-58.

4. How Can the Engineering Parameters of the NIR Grader Affect the Efficiency of Seed Grading? / T. P. Novikova, C. B. Mastrangelo, P. Tylek [et al.] // Agriculture. – 2022. – Vol. 12, No. 12. – P. 2125. – DOI 10.3390/agriculture12122125.

5. Lebedev, A. V. Regression Models of Mixed Effects in Forestry Research / A. V. Lebedev, V. V. Kuzmichev // Siberian Forestry Journal. – 2021. – No. 1. – Pp. 13-20. – DOI 10.15372/SJFS20210102.

6. VIS-NIR wave spectrometric features of acorns (*Quercus robur* L.) for machine grading / A. I. Novikov [et al.] // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. Vol. 392. – P. 012009. – DOI 10.1088/1755-1315/392/1/012009.