

УДК 637.67:63:002

ЗАСТОСУВАННЯ СПЕКТРАЛЬНИХ ІНДЕКСІВ ДЛЯ ОЦІНЮВАННЯ ВОЛОГОЗАБЕЗПЕЧЕНОСТІ КУЛЬТУР ЗА УМОВ ЗРОШЕННЯ

А.М. ШЕВЧЕНКО, О.В. ВЛАСОВА, Ю.Ю. ДАНИЛЕНКО
Інститут водних проблем і меліорації НААН

Запропоновано використання спектральних індексів для визначення дефіциту вологи сільськогосподарських культур, прогнозованого рівня урожаю, ідентифікації политих земель та оцінки якості виконання поливів.

Ключові слова: спектральні індекси, дефіцит вологи, прогнозований рівень урожаю, ідентифікація политих земель

Постановка питання. Важливим чинником для розвитку сільськогосподарських культур та формування урожаю є вологозабезпеченість, а основним джерелом вологозабезпеченості – запаси продуктивної вологи у ґрунті. Традиційні наземні методи визначення вологості ґрунту поділяються на контактні, розрахункові, безконтактні та мають суттєві недоліки: поступове зниження точності розрахунку зі збільшенням розрахункового періоду, великі похибки визначення складових рівнянь, приблизне урахування фізико-географічних умов, рослинності, типу ґрунтів тощо. На відміну від наземних методів, які

дозволяють отримувати інформацію в окремих точках, дистанційні методи дають можливість отримувати інформацію у стислі строки одночасно для великих територій. Тому актуальним на сьогоднішній день є застосування супутникової інформації, за якою розраховуються спектральні індекси: вегетаційні, водні тощо. Такі індекси дають змогу оцінювати стан рослин за спектральними характеристиками на різних стадіях розвитку і проводити експрес-діагностику вологозабезпеченості культур. Вегетаційні індекси – це числові показники у системі класифікації вегетативного рослинного покриву, що характеризують даний тип поверхні за відбивною здатністю. Найбільш відомий і використовуваний серед вегетаційних є нормалізований диференційний вегетаційний індекс (NDVI) [1]. Згодом було розроблено нормалізований водний індекс NDWI [2] для визначення вологовмісту рослин, який базується на фізичних принципах. Значення просторового розподілу вегетаційних індексів є основою визначення прогнозованого рівня урожаю сільськогосподарських культур у різні стадії вегетаційного періоду [3], а просторовий розподіл водних індексів дає змогу отримувати інформацію про фактично политі площі у межах господарства або зрошувальної системи.

Метою роботи є удосконалення методів оцінювання вологозабезпеченості культур за рахунок використання розрахованих за супутниковими даними індексів, як показників вмісту вологи у системі ґрунт – рослинність, визначення прогнозованого рівня урожаю у межах поля та визначення фактичних площ зрошення у межах зрошувальних систем. Методичні підходи відпрацьовано на територіях зрошення Херсонської та Запорізької областей.

Результати досліджень. Відомо, що дефіцит вологи сільськогосподарських культур компенсується поливами, величина яких не повинна перевищувати максимальну поливну норму (m_{max}), яка відповідає найбільшій кількості легкодоступної для рослин вологи і визначається за формулою [4]:

$$m_{max} = 100 h_a \gamma (\beta_{HB} - k_{кр} \beta_{HB}), \text{ м}^3/\text{га}, \quad (1)$$

де h_a – глибина активного шару ґрунту, м; γ – щільність ґрунту в активному шарі, т/м³; β_{HB} – найменша (польова) вологомісткість ґрунту, %; $k_{кр}$ – коефіцієнт критичної вологості ґрунту.

Водночас дефіцит вологи сільськогосподарських культур можна також визначати за просторовим розподілом NDVI, що отримується за супутниковими даними. Для цього формулу (1) записуємо у вигляді:

$$m = m_{max} (1 - NDVI_{сер} / NDVI_{max}), \text{ м}^3/\text{га}, \quad (2)$$

де m_{max} – розрахункове значення максимально допустимої поливної норми, $\text{м}^3/\text{га}$; $NDVI_{сер}$ – середнє значення NDVI по полю; $NDVI_{max}$ – максимальне значення NDVI по полю.

Таким чином, за станом культури на конкретних ґрунтах можна будувати карти дефіциту вологи по полях (рис. 1), що дає змогу формувати рекомендації для поливу кожного з них.



Рис. 1. Карта дефіциту вологи сільськогосподарських культур (кукурудза на зерно і на силос) по полях за даними розрахунку NDVI

Для визначення потенційного урожаю сільськогосподарських культур використано формулу [5], яка має вигляд:

$$Y = \Sigma (MMU \times СПУ_i \times ЧКП_i), \quad (3)$$

де MMU – максимально можливий урожай, ц/га; $СПУ_i$ – середня продуктивність i -го контуру MMU культури, ц/га; $ЧКП_i$ – частка i -го контуру у загальній площі поля.

Застосовуючи дані спектрального розподілу $NDVI$ у межах поля, отримуємо удосконалену формулу визначення прогнозованого рівня урожаю:

$$Y_{\text{прогн.}} = \Sigma (ПЗП \times СПП_{NDVI, i} \times ЧКП_i), \quad (4)$$

де $ПЗП$ – продуктивність зрошеного поля, ц/га; $СПП_{NDVI}$ – середня продуктивність поля за картою $NDVI$, ц/га.

Таким чином, значення просторового розподілу $NDVI$ є основою визначення прогнозованого рівня урожаю сільськогосподарських культур у різні стадії вегетаційного періоду за супутниковими даними без зрошення (рис. 2) і за умов зрошення (рис. 3).



Рис. 2. Карта прогнозованого рівня врожаю сільськогосподарських культур (кукурудза на зерно і на силос) по полях без зрошення



Рис. 3. Карта прогнозованого рівня врожаю сільськогосподарських культур (кукурудза на зерно і на силос) по полях на зрошенні

Одним із важливих завдань у зрошенні є встановлення факту та якості проведення поливів на сільськогосподарських угіддях. Для визначення фактично политих земель використано NDWI. Цей індекс безпосередньо реагує на зміни вологонасичення в рослинному покриві. Перевагою такого способу моніторингу проведення поливів є простота розрахунку індексу та наявність достатньої кількості супутників.

Результати використання вегетаційних і водних індексів для ідентифікації политих земель та якості виконання поливів є досить успішними, оскільки за умов посушливості клімату відчутним є суттєвий контраст між ділянками, на яких проведено зрошення, і тими, що не поливались. Особливо це характерно при зрошенні дощуванням.

На території досліджень у межах Каховського району переважачим способом зрошення є дощування машинами «Фрегат». Візуальною особливістю використання цієї дощувальної техніки є відбиток на знімках кіл, яскравість і колір яких є більш контрастними на загальному фоні.

Інформація про розташування зрошувальних мереж і карта-схема просторового розподілу індексу NDWI дають можливість відстежувати процес проходження поливу (рис. 4), оцінювати та планувати технологічні

процеси розподілу зрошувальної води між водокористувачами у межах зрошувальних систем для підвищення ефективності водокористування.

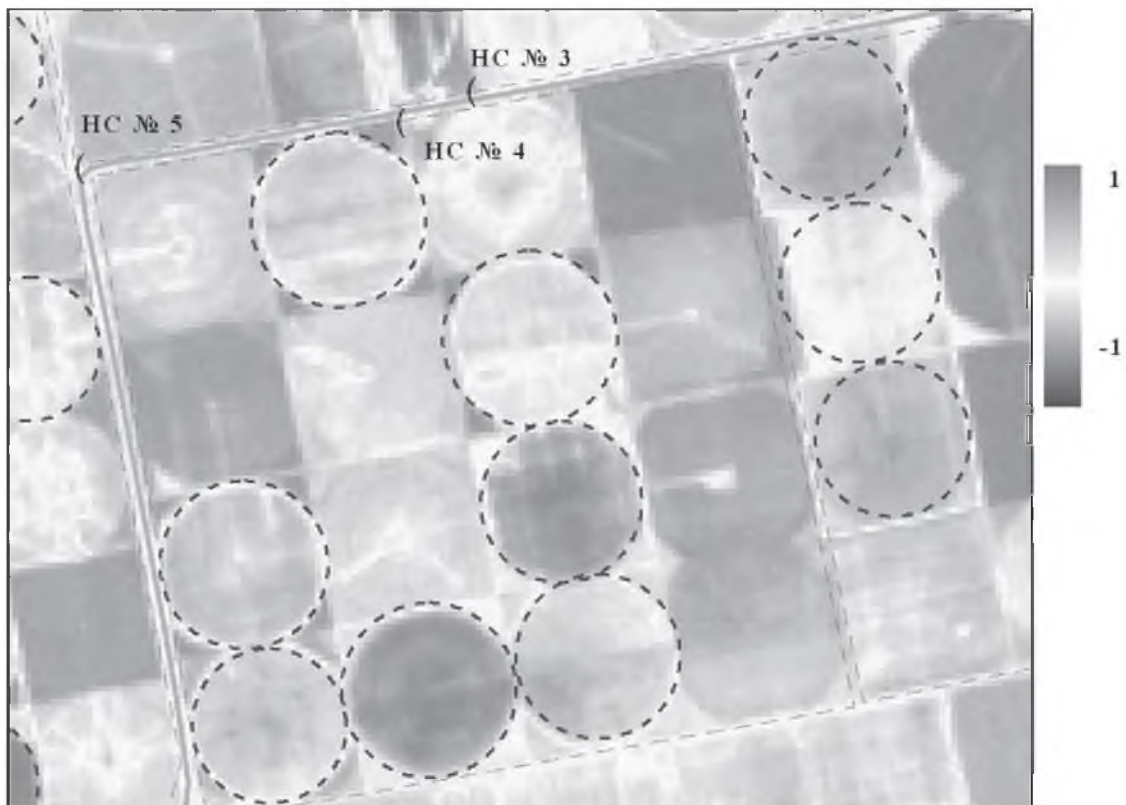
На рисунку виділяються ділянки, які мають більш високе значення індексу, що пояснюється нещодавнім проведенням на них поливів.

За картами просторового розподілу індексу зволоженості можна визначати ефективність ведення зрошення в межах зрошувальної системи. Розрахунок показника ефективності ведення зрошення запропоновано проводити за формулою:

$$I_{NDWI} = F_{NDWI} / F_{ir} , \quad (5)$$

де F_{NDWI} – площа фактичного зрошення (зволоженого вегетативного покриву); F_{ir} – загальна площа зрошуваного масиву.

Загальний просторовий розподіл такого індексу-показника можна представити у вигляді картосхеми з нанесеними ізолініями його зміни. Такі картосхеми можна використовувати для контролю роботи зрошувальних систем у цілому та для з'ясування причин зниження кількості поливів і їхньої якості.



Умовні позначення

(насосна станція — зрошувальні канали [] ділянки зрошення

Рис. 4. Розпізнавання (ідентифікація) площ фактичного зрошення за нормалізованим різницеvim індексом зволоження

Висновки. Виходячи з сучасних вимог до отримання оперативної інформації про вологозабезпеченість сільськогосподарських культур і стан зрошуваних земель, перспективним напрямом є застосування супутникової інформації, за якою розраховуються спектральні індекси.

Побудовані карти дефіциту вологи по полях (за NDVI) дають змогу спостерігати за станом культури на конкретних ґрунтах і формувати рекомендації для поливу. Картосхеми (за NDWI) дають можливість відстежувати процес проходження поливу, оцінювати та планувати технологічні процеси розподілу зрошувальної води між водокористувачами.

1. *Tucker C. J.* Red and photographic infrared linear combinations for monitoring vegetation // *Remote Sensing of Environment*, 1979. – 8. – P. 127 – 150.

2. *Gao B.* NDWI – a normalized difference water index for remote sensing of vegetation liquid water from space // *Remote Sensing of Environment*, 1996. – 58. – P. 257 – 266.

3. *Дефіцит* вологи кукурудзи за даними дистанційного зондування Землі / О.В. Власова, Л.І. Самойленко, Л.В. Підгородецька, Л.М. Колос // *Меліорація і водне господарство*. – 2009. – Вип. 96. – С. 58–64.

4. *Информационно-советующая система управления орошением* / В.П. Остапчик, В.В. Костромин, А.М. Коваль, Л.А. Филиппенко. – К.: Урожай, 1989. – 245 с.

5. *Чернышов А. К.* Использование изображений высокого разрешения спутника IRS1C в системе мониторинга мелиоративного состояния орошаемых земель / А. К. Чернышов, Е. А. Чернышова // Док. науч.-тех. конф. «Использование современных методов анализа для решения геофизических задач». – Т.: АНР Узбекистан, 2001. – С. 42–50.

Предложено использование спектральных индексов для определения дефицита влажности сельскохозяйственных культур, прогнозированного уровня урожая, идентификации политых земель и оценки качества ведения поливов.

It is proposed the use of spectral indices for determining the humidity deficit for crops, forecasted yields, identification of irrigated land and the quality of conducting waterings.