

ЗАСТОСУВАННЯ ВЕГЕТАЦІЙНИХ ІНДЕКСІВ VHI ДЛЯ ПРОГНОЗУВАННЯ ВРОЖАЙНОСТІ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ КУЛЬТУР

Майданович Н., канд. геогр. наук

<https://orcid.org/0000-0002-0361-8215>

ДНУ «УкрНДІПВТ ім. Л. Погорілого»

Сайдак Р., канд. с.-г. наук

<https://orcid.org/0000-0002-0213-0496>

Інститут водних проблем і меліорації НААН

Анотація

Метою роботи є висвітлення алгоритму та результатів моделювання середньообласних рівнів врожайності зернових та зернобобових культур в окремих областях України (на прикладі Одеської області) із використанням дистанційних даних, а саме індексу стану рослинності VHI.

Методи. Модельні розрахунки проведено за даними продуктивності зернових та зернобобових культур в Одеській області за 2011-2020 роки та вегетаційним індексом VHI за цей же період. Продукти VHI отримані на основі даних NOAA STAR – Global Vegetation Health Products (роздільна здатність 4 км, композит за 7 днів). Зв'язок VHI з рівнем врожайності зернових та зернобобових культур оцінювали кореляційно-регресійним аналізом.

Результати. Встановлено наявність статистично значимого зв'язку між VHI та рівнем врожайності зернових та зернобобових культур в Одеській області з коефіцієнтом кореляції 0,8-0,9 в період з квітня по липень.

Встановлено регресійні залежності для прогнозу врожайності зернових і зернобобових культур (станом на кінець квітня і травня) з використанням VHI за 16 і 20 тижднів з початку року. Коефіцієнт кореляції між фактичним рівнем врожайності U_{fact} та модельними значеннями становить 0,93 для $U_{\text{for}(16)}$ і 0,89 для $U_{\text{for}(20)}$. Похибка прогнозу не перевищувала 10 % для $U_{\text{for}(16)}$ у 70 % випадків, а для $U_{\text{for}(20)}$ у 80 % випадків.

Висновки. Авторами встановлено регресійні залежності для раннього прогнозу (станом на кінець квітня і травня) врожайності зернових і зернобобових культур в Одеській області з використанням усереднених для регіону вегетаційних індексів VHI за 16 і 20 тижднів з початку року. Вказаний алгоритм може бути застосований для побудови модельних співвідношень розрахунку врожайності сільськогосподарських культур як для різних регіонів України, так і окремо для різних культур.

Ключові слова: прогноз врожайності, вегетаційні індекси, VHI, зернові та зернобобові культури, моделювання врожаю.

Вступ. Сезонний прогноз врожайності сільськогосподарських культур відіграє вирішальну роль у прийнятті рішень для різних зацікавлених сторін: фермерів, політиків, урядів з питань продовольчої безпеки та торгівлі. Важливу роль у прогнозуванні врожайності сільськогосподарських культур зараз відіграють дані спостережень за землею з космосу та похідні продукти (наприклад, вегетаційні

індекси), які використовуються найчастіше як предиктори в моделях врожайності та оцінки стану рослин [Bruno Basso, Lin Liu, 2019; Singh et al., 2019].

Найпоширенішими статистичними моделями, які ґрунтуються на дистанційних (супутникових) даних є регресійні співвідношення *Нормалізованого диференційного вегетаційного індексу* NDVI з кінцевим рівнем врожайності сільськогоспо-

дарських культур [Кравчук та ін., 2013; Kussul et al., 2014; Kolotii et al., 2015; Bruno Basso, Lin Liu, 2019]. Часто урожайність прогнозують на основі трендового аналізу та відхилення врожаю від тенденції [Bruno Basso, Lin Liu, 2019]. Компонент тренду за таких умов моделюють лінійною регресією з роком, тоді як відхилення врожаю від тренду моделюють індексами рослинності такими як: NDVI [Кравчук та ін. 2013; Kussul et al., 2014; Kolotii et al., 2015], VCI (*Vegetation Condition Index*) та TCI (*Temperature Condition Index*) [Liu i Kogan, 2002; Yang et al., 2020], VHI (*Vegetation Health Index*) [Kogan et al., 2011; Kussul et al., 2014], FAPAR (*Fraction of Absorbed Photosynthetically Active Radiation*) і LAI (*Leaf Area Index*) [Kussul et al., 2014; Kolotii et al., 2015], отримані із супутникових знімків.

Хоча моделі на основі NDVI забезпечують необхідний мінімум вимог до прогностичних предикторів, проте він має деякі обмеження, оскільки NDVI опосередковано пов'язаний лише з біомасою, але не з метеорологічними умовами. Тому, на думку авторів, будуючи моделі врожайності, доцільно враховувати параметри, отримані із супутника, які включають метеоумови, зберігаючи умову мінімального введення даних. Одним із таких параметрів може бути *Індекс здоров'я рослинності* – VHI. VHI пов'язує динаміку вологості, зазначену Індексом стану рослинності VCI, з тепловою динамікою, зазначеною TCI [Kogan, 1990; 1995; Yang et al., 2020]. Дослідження [Kogan, 1990; 1995; 2018; Liu, Kogan, 1996] показали, що VHI має чудову здатність виявляти посуху та вимірювати час її настання, інтенсивність, тривалість і оцінювати вплив посухи на стан рослин.

Постановка завдань. Застосування VHI для моделювання врожайності зернових культур досліджували у деяких країнах та посушливих регіонах [Kogan, Guo et al., 2018; Kogan, Popova et al., 2018; Ribeiro et al., 2019; Tuvdendorj et al., 2019; Jarlan et al., 2020]. В Україні розроблення моделей врожайності сільськогосподарських куль-

тур на основі індексів VHI не проводили і такі дослідження можуть бути особливо актуальними у посушливих регіонах півдня України.

Метою цієї роботи є висвітлення алгоритму та результатів моделювання середньообласних рівнів врожайності зернових та зернобобових культур в окремих областях України (на прикладі Одеської області) із використанням даних ДЗЗ, за які було взято VHI.

Методи і матеріали. В роботі приведено алгоритм моделювання середньообласних рівнів врожайності групи зернових та зернобобових культур (на прикладі Одеської області) із використанням даних ДЗЗ, за які було взято VHI.

Моделльні розрахунки проведено за даними продуктивності зернових та зернобобових культур в Одеській області за 2011-2020 роки (за даними Державної служби статистики України¹) та вегетаційним індексом VHI за цей же період (у розрізі тижневих композитів). Продукти VHI були отримані на основі даних NOAA STAR – Global Vegetation Health Products² (роздільна здатність 4 км, композит за 7 днів). Зв'язок VHI з рівнем врожайності зернових та зернобобових культур оцінювали кореляційно-регресійним аналізом в програмному середовищі Microsoft Excel.

Результати. Проведений авторами кореляційний аналіз VHI з рівнем врожайності зернових та зернобобових культур в Одеській області за період 2011-2020 рр. засвідчив наявність статистично значимого зв'язку даних параметрів (таблиця 1). Як видно з таблиці 1, зв'язок VHI з урожайністю зернових та зернобобових культур набуває найбільшого значення у першій половині травня.

Розробляючи прогноз врожайності зернових та зернобобових культур станом на кінець квітня, вхідними змінними нами було використано значення VHI на кінець квітня (16 тиждень року) і рівні врожайності відповідних культур у зада-

¹ <http://www.ukrstat.gov.ua>

² <https://www.star.nesdis.noaa.gov/smcd/emb/vci/VHI/index.php>

Таблиця 1 – Коефіцієнти кореляції врожайності зернових та зернобобових культур з вегетаційним індексом VHI

	Номер тижня (з початку року)															
	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28
	квітень				травень				червень				липень			
Одеська	0,72	0,81	0,90	0,93	0,94	0,92	0,91	0,89	0,87	0,89	0,88	0,88	0,87	0,86	0,85	0,80

ному регіоні (Одеській області) за період останніх 10 років.

На рисунку 1 представлено залежність врожайності групи зернових і зернобобових культур від значень VHI за вказаний період для **Одеської** області. Як видно з рисунка, ця залежність має прямолінійний характер: максимальному значенню VHI відповідає максимальна продуктивність культур, і навпаки, мінімальному – мінімальна врожайність, що свідчить про позитивну корельованість врожайності та VHI.

Регресійна залежність врожайності групи зернових і зернобобових культур від величини VHI (станом на кінець квітня) для Одеської області має вигляд:

$$U_{for(16)} = 0,7431 \cdot VHI_{16} - 5,2028 \quad (1)$$

де

$U_{for(16)}$ – прогнозний рівень врожайності зернових і зернобобових культур у Одеській області станом на кінець квітня;

VHI_{16} – значення індексу здоров'я рослинності на території Одеської області за 16 тижнів року (кінець квітня).

Коефіцієнт кореляції між фактичним рівнем врожайності U_{fact} та модельним $U_{for(16)}$ (відповідно до регресійної залежності (1)) становить 0,93. У 70 % випадків похибка прогнозу в цей період не перевищувала 10 %.

На рисунку 2 представлено зіставлення фактичних (U_{fact}) та модельних ($U_{for(16)}$) рівнів врожайності зернових і зернобобових культур для Одеської області (станом на кінець квітня). Як видно з рисунка 2,

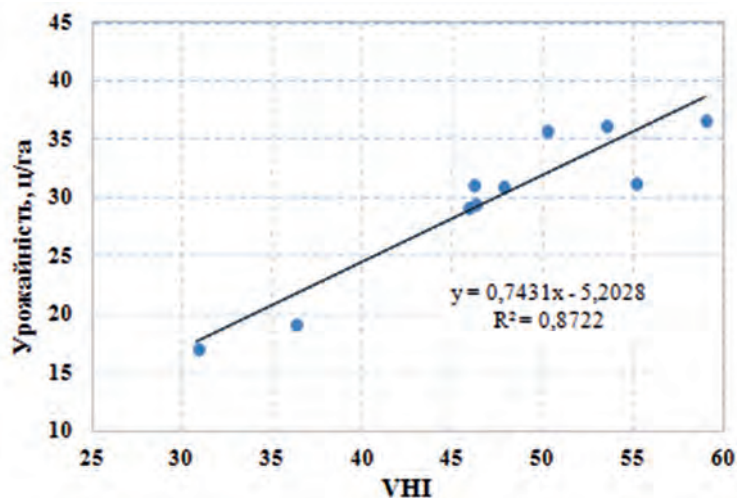


Рисунок 1 – Залежність врожайності групи зернових і зернобобових культур від значень VHI для Одеської області (станом на кінець квітня)

прогностичні дані на основі запропонованих модельних співвідношень переважно відповідають тенденціям динаміки фактичної урожайності за винятком окремих років.

Прогнозуючи врожайність основних сільськогосподарських культур станом на кінець травня, вхідними змінними нами

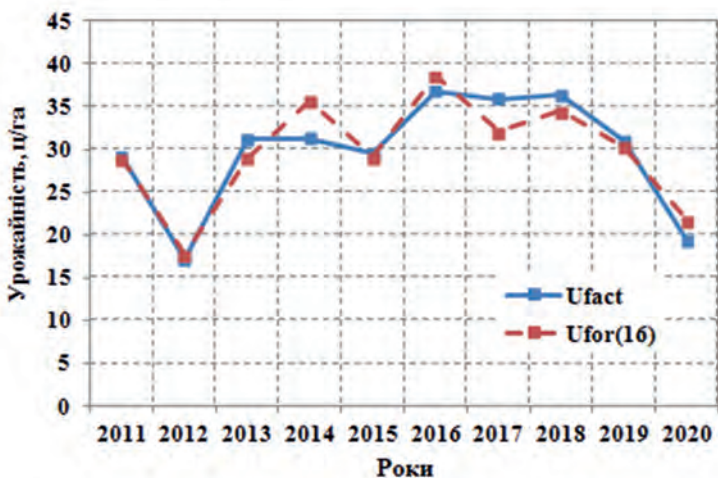


Рисунок 2 – Зіставлення фактичних (U_{fact}) та модельних ($U_{for(16)}$) рівнів врожайності зернових і зернобобових культур для Одеської області (станом на кінець квітня)

було використано значення VHI за період останньої декади травня (20 тиждень року) і рівні врожайності відповідних культур у заданому регіоні (області) за період 2011-2020 років.

На рисунку 3 представлено залежність врожайності групи зернових і зернобобових культур від значень VHI за вказаний період (20 тиждень року) для Одеської області.

Регресійна залежність врожайності групи зернових і зернобобових культур від величини VHI (станом на кінець травня) для Одеської області має вигляд:

$$U_{\text{for}(20)} = 0,491 \cdot \text{VHI}_{20} + 0,2723 \quad (2)$$

де

$U_{\text{for}(20)}$ – прогнозний рівень врожайності зернових і зернобобових культур у Одеській області станом на кінець травня;

VHI_{20} – значення індексу здоров'я рослинності на території Одеської області за 20 тиждень року (кінець травня).

Коефіцієнт кореляції між фактичним рівнем врожайності U_{fact} та модельним $U_{\text{for}(20)}$ (відповідно до регресійної залежності (2)) становить 0,89. У 80 % випадків похибка прогнозу в цей період не перевищувала 10 %.

Зіставлення фактичних (U_{fact}) та модельних ($U_{\text{for}(20)}$) рівнів врожайності зернових і зернобобових культур для Одеської області (станом на кінець травня) представлено на рисунку 4. Як видно з рисунка 4, прогностичні дані на основі запропонованих модельних співвідношень переважно відповідають тенденціям динаміки фактичної урожайності.

Для уточнення прогнозів можна аналогічно проводити розрахунки і в інші періоди вегетації. Приміром, уточнення прогнозних оцінок урожайності пізніх культур, зокрема кукурудзи, на думку авторів доцільно проводити до кінця липня за результатами спостережень стану посівів.

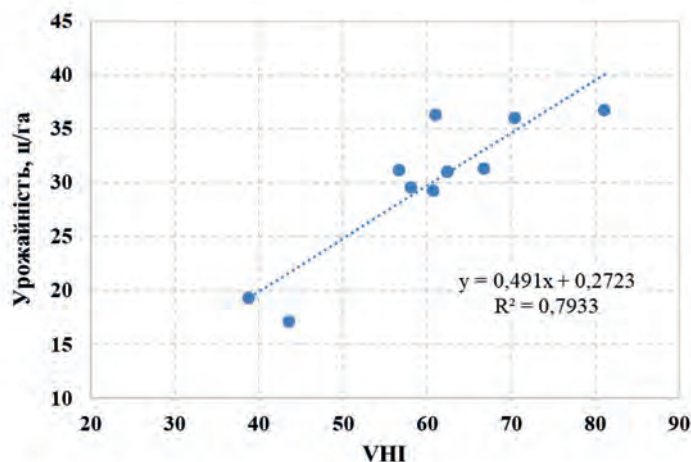


Рисунок 3 – Залежність врожайності групи зернових і зернобобових культур від значень VHI для Одеської області (станом на кінець травня)

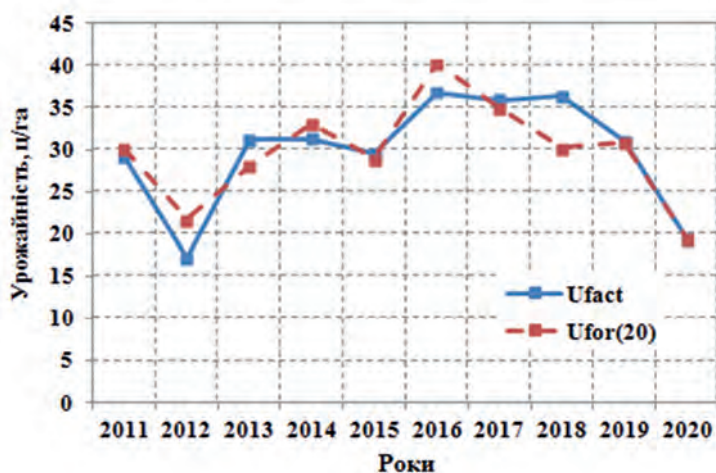


Рисунок 4 – Зіставлення фактичних (U_{fact}) та модельних ($U_{\text{for}(20)}$) рівнів врожайності зернових і зернобобових культур для Одеської області (станом на кінець травня)

Обговорення. Автори використали один із найпоширеніших вегетаційних індексів для встановлення регресійних залежностей рівня врожайності зернових та зернобобових культур від VHI на етапі раннього розвитку (кінець квітня/травня) та розроблення прогнозних оцінок врожаю для Одеської області.

Аналогічними до авторських, за принципом побудови емпірично-регресійних моделей врожайності окремих зернових культур на основі дистанційних даних агромоніторингу, є роботи [Kussul et al., 2014; Bokusheva et al., 2016; Garcna-Leyn et al., 2019], які підтверджують актуальність цієї роботи та подібність отриманих результатів.

Позитивну кореляцію VHI з врожайністю зернових встановлено в роботах науковців різних країн: [Bokusheva et al., 2016] (для території Казахстану); [Tuvdendorj et al., 2019] (для території Монголії); [Jarlan et al., 2020] (для території Марокко); [Kogan, Guo et al., 2019] (для території Австралії); [Kogan, Porova et al., 2018] (для ранніх прогнозів врожайності кукурудзи в Болгарії) тощо. Ця робота є підтвердженням наявності аналогічних тенденцій взаємозв'язку врожайності та VHI для України.

Науковими дослідженнями [García-León et al., 2019] встановлено, що моделі, засновані на супутникових індексах, ефективніші у поясненні коливань рівнів врожайності у порівнянні з метеорологічними параметрами, такими як індекс опадів – SPI (*Standardization Presipitation Index*).

У роботі [Ribeiro et al., 2019] наведено обґрунтування рівнів втрат врожаю через посуху із застосуванням VHI. Автори [Bokusheva R. et al., 2016] вказали також на перспективність застосування VHI для розроблення договорів страхування для агровиробників, що може бути в перспективі застосовано і для України.

Висновки. У цьому дослідженні автори використали один із найпоширеніших вегетаційних індексів VHI (Індекс здоров'я рослинності), отриманий обробкою даних ДЗЗ, для розроблення алгоритму прогнозування врожайності зернових та зернобобових культур на етапі раннього розвитку (кінець квітня/травня) для обласного адміністративного рівня (на прикладі Одеської області).

Авторами встановлено наявність статистично значимого зв'язку між VHI та рівнем врожайності зернових та зернобобових культур в Одеській області з коефіцієнтом кореляції 0,8-0,9 в період з квітня по липень. Встановлено регресійні залежності для прогнозу врожайності зернових і зернобобових культур (станом на кінець квітня і травня) з використанням VHI за 16 і 20 тижнів з початку року. Коефіцієнт кореляції між фактичним рів-

нем врожайності U_{fact} та модельними значеннями становить 0,93 для $U_{for(16)}$ і 0,89 для $U_{for(20)}$. Похибка прогнозу не перевищувала 10 % для $U_{for(16)}$ в 70 % випадків, а для $U_{for(20)}$ у 80 % випадків

Вказаний алгоритм може бути застосований для побудови модельних співвідношень розрахунку врожайності основних сільськогосподарських культур різних регіонів України і окремо для різних культур.

Перелік літератури

Кравчук В., Новохацький М., Сердюченко Н., Сайдак Р. (2013). Моделювання врожайності ярих зернових культур з використанням даних ДЗЗ. Техніко-технологічні аспекти розвитку та випробування нової техніки і технологій для сільського господарства України. Вип. 17(2). С. 4-16. - Режим доступу: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/Ttar_2013_17\(2\)_3](http://nbuv.gov.ua/UJRN/Ttar_2013_17(2)_3)

Bokusheva R., Kogan F., Vitkovskaya I., Conradt S., Batyrbayeva M. (2016). Satellite-based vegetation health indices as a criteria for insuring against drought-related yield losses. *Agricultural and Forest Meteorology*, Volume 220, Pages 200-206. <https://doi.org/10.1016/j.agrformet.2015.12.066>

Bruno Basso, Lin Liu (2019). Chapter Four - Seasonal crop yield forecast: Methods, applications, and accuracies. *Advances in Agronomy*, Academic Press, Volume 154, Pages 201-255, <https://doi.org/10.1016/bs.agron.2018.11.002>.

García-León, D., Contreras, S., & Hunink, J. (2019). Comparison of meteorological and satellite-based drought indices as yield predictors of Spanish cereals. *Agricultural Water Management*, 213, 388-396. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2018.10.030>

Jarlan, L., Er-Raki, S., Albergel, C., Richard, B., Balaghi, R., & Khabba, S. (2020). Linkages between rainfed cereal production and agricultural drought through remote sensing indices and a land data assimilation system: a case study in Morocco. *Remote Sensing*, 12(24), 4018. <https://doi.org/10.3390/rs12244018>

org/10.3390/rs12244018

Kogan F., Adamenko T., Kulbida M. (2011). Satellite-based crop production monitoring in Ukraine and regional food security. In: *Use of Satellite and In-Situ Data to Improve Sustainability*. Springer, pp. 99 – 104. DOI:10.1007/978-90-481-9618-0_11

Kogan, F., Guo, W., Yang, W., & Harlan, S. (2018). Space-based vegetation health for wheat yield modeling and prediction in Australia. *Journal of Applied Remote Sensing*, 12(2), doi: 10.1117/1.JRS.12.026002

Kogan, F., Popova, Z., Singh, R., & Alexandrova, P. (2018). Early Forecasting Corn Yield Using Ground Truth Data and Vegetation Health Indices in Bulgaria. *Bulgarian Journal of Agricultural Science*, 24(Suppl. 2), 57-67.

Kogan, F.N. (1990). Remote sensing of weather impacts on vegetation in non-homogeneous areas. *Int. J. Remote Sens.* 11, 1405 – 1419. <https://doi.org/10.1080/01431169008955102>

Kogan, F.N. (1995). Application of vegetation index and brightness temperature for drought detection. *Adv. Space Res.* 15, 91 – 100. [https://doi.org/10.1016/0273-1177\(95\)00079-T](https://doi.org/10.1016/0273-1177(95)00079-T)

Kogan, F.N. (2018). Application of Vegetation Health Data and Products for Monitoring Food Security. *Remote Sensing for Food Security*. DOI:10.1007/978-3-319-96256-6_10

Kolotii, A., Kussul, N., Shelestov, A., Skakun, S., Yailymov, B., Basarab, R., Lavreniuk, M., Oliinyk, T., Ostapenko, V. (2015). Comparison of biophysical and satellite predictors for wheat yield forecasting in Ukraine. In: Schreier, G., Skrovseth, P.E., Staudenrausch, H. (Eds.), *36th International Symposium on Remote Sensing of Environment*. vol. 47, pp. 39 - 44. DOI:10.5194/isprsarchives-XL-7-W3-39-2015

Kussul N., Kolotii A., Skakun S., Shelestov A., Kussul O. and Oliynuk T. (2014). Efficiency estimation of different satellite data usage for winter wheat yield forecasting in Ukraine. *2014 IEEE Geoscience and Remote Sensing Symposium*, pp. 5080-5082, doi: 10.1109/IGARSS.2014.6947639.

Liu W.T., Kogan F.N. (1996). Monitoring regional drought using the vegetation condition index. *Int. J. Remote Sens.* 17, 2761 – 2782. <https://doi.org/10.1080/01431169608949106>

Liu W.T., Kogan F. (2002). Monitoring Brazilian soybean production using NOAA/AVHRR based vegetation condition indices. *Int. J. Remote Sens.* 23, 1161 – 1179. <https://doi.org/10.1080/01431160110076126>

Ribeiro, A. F., Russo, A., Gouveia, C. M., & P6scoa, P. (2019). Modelling drought-related yield losses in Iberia using remote sensing and multiscalar indices. *Theoretical and Applied Climatology*, 136(1), 203-220. <https://doi.org/10.1007/s00704-018-2478-5>

Singh R.K., Singh T.R. and Kaushal U. (2019). Note on the Crop Yield Forecasting Methods. *Asian Journal of Agricultural Research*, 13: 1-5. DOI: 10.3923/ajar.2019.1.5

Tuvdendorj, B., Wu, B., Zeng, H., Batdelger, G., & Nanzad, L. (2019). Determination of appropriate remote sensing indices for spring wheat yield estimation in Mongolia. *Remote Sensing*, 11(21), 2568. <https://doi.org/10.3390/rs11212568>.

Yang, W., Kogan, F., & Guo, W. (2020). An Ongoing Blended Long-Term Vegetation Health Product for Monitoring Global Food Security. *Agronomy*, 10(12), 1936. doi:10.3390/agronomy10121936

References

Bokusheva R., Kogan F., Vitkovskaya I., Conradt S., Batyrbayeva M. (2016). Satellite-based vegetation health indices as a criteria for insuring against drought-related yield losses. *Agricultural and Forest Meteorology*, Volume 220, Pages 200-206. <https://doi.org/10.1016/j.agrformet.2015.12.066>

Bruno Basso, Lin Liu (2019). Chapter Four - Seasonal crop yield forecast: Methods, applications, and accuracies. *Advances in Agronomy*, Academic Press, Volume 154, Pages 201-255, <https://doi.org/10.1016/bs.agron.2018.11.002>.

García-León, D., Contreras, S., & Hunink, J. (2019). Comparison of meteorological and satellite-based drought indices as yield

predictors of Spanish cereals. *Agricultural Water Management*, 213, 388-396. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2018.10.030>

Jarlan, L., Er-Raki, S., Albergel, C., Richard, B., Balaghi, R., & Khabba, S. (2020). Linkages between rainfed cereal production and agricultural drought through remote sensing indices and a land data assimilation system: a case study in Morocco. *Remote Sensing*, 12(24), 4018. <https://doi.org/10.3390/rs12244018>

Kogan F., Adamenko T., Kulbida M. (2011). Satellite-based crop production monitoring in Ukraine and regional food security. In: *Use of Satellite and In-Situ Data to Improve Sustainability*. Springer, pp. 99 – 104. DOI:10.1007/978-90-481-9618-0_11

Kogan, F., Guo, W., Yang, W., & Harlan, S. (2018). Space-based vegetation health for wheat yield modeling and prediction in Australia. *Journal of Applied Remote Sensing*, 12(2), doi: 10.1117/1.JRS.12.026002

Kogan, F., Popova, Z., Singh, R., & Alexandrova, P. (2018). Early Forecasting Corn Yield Using Ground Truth Data and Vegetation Health Indices in Bulgaria. *Bulgarian Journal of Agricultural Science*, 24(Suppl. 2), 57-67.

Kogan, F.N. (1990). Remote sensing of weather impacts on vegetation in non-homogeneous areas. *Int. J. Remote Sens.* 11, 1405 – 1419. <https://doi.org/10.1080/01431169008955102>

Kogan, F.N. (1995). Application of vegetation index and brightness temperature for drought detection. *Adv. Space Res.* 15, 91 – 100. [https://doi.org/10.1016/0273-1177\(95\)00079-T](https://doi.org/10.1016/0273-1177(95)00079-T)

Kogan, F.N. (2018). Application of Vegetation Health Data and Products for Monitoring Food Security. *Remote Sensing for Food Security*. DOI:10.1007/978-3-319-96256-6_10

Kolotii, A., Kussul, N., Shelestov, A., Skakun, S., Yailymov, B., Basarab, R., Lavreniuk, M., Oliinyk, T., Ostapenko, V. (2015). Comparison of biophysical and satellite predictors for wheat yield forecasting in Ukraine. In: Schreier, G., Skrovseth, P.E., Staudenrausch, H. (Eds.), 36th International

Symposium on Remote Sensing of Environment. vol. 47, pp. 39 - 44. DOI:10.5194/ispr-sarchives-XL-7-W3-39-2015

Kravchuk V., Novokhatsky M., Serdiuchenko N., Saydak R. (2013). Modeling of spring crops yields with remote sensing data using. *Collection of scientific works of L. Pogorilyy UkrNDIPVT №17(2)*. pp. 4-16. Retrieved from: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/Ttar_2013_17\(2\)_3](http://nbuv.gov.ua/UJRN/Ttar_2013_17(2)_3)

Kussul N., Kolotii A., Skakun S., Shelestov A., Kussul O. and Oliynuk T. (2014). Efficiency estimation of different satellite data usage for winter wheat yield forecasting in Ukraine. 2014 IEEE Geoscience and Remote Sensing Symposium, pp. 5080-5082, doi: 10.1109/IGARSS.2014.6947639.

Liu W.T., Kogan F. (2002). Monitoring Brazilian soybean production using NOAA/AVHRR based vegetation condition indices. *Int. J. Remote Sens.* 23, 1161 – 1179. <https://doi.org/10.1080/01431160110076126>

Liu W.T., Kogan F.N. (1996). Monitoring regional drought using the vegetation condition index. *Int. J. Remote Sens.* 17, 2761 – 2782. <https://doi.org/10.1080/01431169608949106>

Ribeiro, A. F., Russo, A., Gouveia, C. M., & Póscua, P. (2019). Modelling drought-related yield losses in Iberia using remote sensing and multiscalar indices. *Theoretical and Applied Climatology*, 136(1), 203-220. <https://doi.org/10.1007/s00704-018-2478-5>

Singh R.K., Singh T.R. and Kaushal U. (2019). Note on the Crop Yield Forecasting Methods. *Asian Journal of Agricultural Research*, 13: 1-5. DOI: 10.3923/ajar.2019.1.5

Tuvdendorj, B., Wu, B., Zeng, H., Batdelger, G., & Nanzad, L. (2019). Determination of appropriate remote sensing indices for spring wheat yield estimation in Mongolia. *Remote Sensing*, 11(21), 2568. <https://doi.org/10.3390/rs11212568>.

Yang, W., Kogan, F., & Guo, W. (2020). An Ongoing Blended Long-Term Vegetation Health Product for Monitoring Global Food Security. *Agronomy*, 10(12), 1936. doi:10.3390/agronomy10121936

UDC 633:631.5:551.50:528.88

APPLICATION OF VHI VEGETATION INDICES TO CROP YIELD FORECASTING

Maidanovych N., PhD in Geography,
<https://orcid.org/0000-0002-0361-8215>

Leonid Pogorilyy UkrNDIPVT

Saidak R., PhD in Agronomy,
<https://orcid.org/0000-0002-0213-0496>

Institute of Water Problems and Land Reclamation

Summary

The aim of this work is to highlight the algorithm and results of modeling the average regional levels of cereals and legumes yields in some regions of Ukraine (Odessa region for example) using remote data, which used the vegetation index VHI.

Methods. Model calculations were performed according to the productivity of cereals and legumes in Odessa region for 2011-2020 and the vegetation index VHI for the same period. VHI products received from NOAA STAR - Global Vegetation Health Products system (4 km resolution, 7-day composite). The relationship between VHI and cereals and legumes yields was assessed by correlation-regression analysis.

Results. Statistically significant relationships between VHI and cereals and legumes yields levels in Odessa region with a correlation coefficient of 0.8- 0.9 in the period from April to July were establish. Regression dependences for early forecast of cereals and legumes yields (as of the end of April and May) were established using VHI for 16 and 20 weeks (from the beginning of the year). The correlation coefficient between the actual yield U_{fact} and the model values is 0.93 for $U_{\text{for}(16)}$ and 0.89 for $U_{\text{for}(20)}$. The forecast error did not exceed 10 % for $U_{\text{for}(16)}$ in 70 % of cases, and for $U_{\text{for}(20)}$ – in 80 % of cases.

Conclusions. The authors established regression dependences for the early forecast (as of the end of April and May) of cereals and legumes yields in Odesa region using the region-averaged vegetation indices VHI for 16 and 20 weeks from the beginning of the year. This algorithm can be used to build model ratios for calculating crop yields for different regions of Ukraine and separately for different crops.

Key words: yield forecast, vegetation indices, VHI, cereals and legumes, crop modeling.

УДК 633:631.5:551.50:528.88

ПРИМЕНЕНИЕ ВЕГЕТАЦИОННЫХ ИНДЕКСОВ VHI ДЛЯ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ УРОЖАЙНОСТИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР

Майданович Н., канд. геогр. наук

<https://orcid.org/0000-0002-0361-8215>

ГНУ «УкрНИИПИТ им. Л. Погорелого»

Сайдак Р., канд. с.-х. наук

<https://orcid.org/0000-0002-0213-0496>

Институт водных проблем и мелиорации НААН

Аннотация

Цель этой работы – освещение алгоритма и результатов моделирования среднеобластных уровней урожайности зерновых и зернобобовых культур в отдельных областях Украины (на примере Одесской области) на основе дистанционных данных, в качестве которых было использовано индекс состояния растительности VHI.

Методы. Модельные расчеты проведены по данным продуктивности зерновых и зернобобовых культур в Одесской области за 2011-2020 годы и вегетационному индексу VHI за этот же период. Продукты VHI получены на основе данных NOAA STAR – Global Vegetation Health Products (разрешение 4 км, композит за 7 дней). Связь VHI с уровнем урожайности зерновых и зернобобовых культур оценивали корреляционно-регрессионным анализом.

Результаты. Установлено наличие статистически значимой связи между VHI и уровнем урожайности зерновых и зернобобовых культур в Одесской области с коэффициентом корреляции 0,8-0,9 в период с апреля по июль. Установлены регрессионные зависимости для прогноза урожайности зерновых и зернобобовых культур (по состоянию на конец апреля и мая) с использованием VHI за 16 и 20 недель с начала года. Коэффициент корреляции между фактическим уровнем урожайности U_{fact} и модельными значениями составляет 0,93 для $U_{\text{for}(16)}$ и 0,89 для $U_{\text{for}(20)}$. Погрешность прогноза не превышала 10 % для $U_{\text{for}(16)}$ в 70 % случаев, а для $U_{\text{for}(20)}$ – в 80 % случаев.

Выводы. Авторами установлены регрессионные зависимости для раннего прогноза (на конец апреля и мая) урожайности зерновых и зернобобовых культур в Одесской области с использованием усредненных для региона вегетационных индексов VHI за 16 и 20 недель с начала года. Указанный алгоритм может быть применен для построения модельных соотношений расчета урожайности сельскохозяйственных культур как для разных регионов Украины, так и отдельно для разных культур.

Ключевые слова: прогноз урожайности, вегетационные индексы, VHI, зерновые и зернобобовые культуры, моделирование урожая.