

DOI: 10.55505/SA.2025.2.04
UDC: 528.88:633.11



UTILIZAREA INTEGRATĂ A METODELOR DE MONITORIZARE TERESTRĂ ȘI TELEDETECȚIE PENTRU EVALUAREA ETEROGENITĂȚII SPAȚIALE A PRODUCȚIEI DE GRÂU DE TOAMNĂ

Alexandr MUNTEAN, ORCID: 0009-0006-5825-5091

Institutul Național de Cercetări Aplicative în Agricultură și Medicină Veterinară, Republica Moldova

Corespondență: Alexandr MUNTEAN - e-mail: alexmuntian504@gmail.com

Abstract. A mathematical model was developed to estimate winter wheat yield based on values of the Normalized Difference Vegetation Index (NDVI). Using this model, the spatial variability of winter wheat yield across the agricultural lands of RUSTAS LLC was assessed. Under production field conditions in 2024, it was found that mathematical models based on the NDVI vegetation index can be effectively used to evaluate both yield and its spatial variability in winter wheat fields. The results of the multi-year assessment of spatial yield distribution derived from the model data can serve as a basis for identifying zones with differentiated soil fertility. This, in turn, constitutes one of the key prerequisites for the transition of farms to precision agriculture and for the development of scientifically justified crop rotations.

Keywords: *Remote sensing; NDVI index; Yield; Winter wheat.*

Rezumat. A fost elaborat un model matematic destinat estimării producției de grâu de toamnă pe baza valorilor indicelui de vegetație NDVI (Normalized Difference Vegetation Index). Pe baza acestui model, a fost evaluată variabilitatea spațială a producției de grâu de toamnă pe terenurile agricole ale SRL „RUSTAS”. În condițiile câmpurilor de producție din anul 2024, s-a constatat că modelele matematice bazate pe indicele de vegetație NDVI pot fi utilizate eficient pentru evaluarea atât a producției, cât și a variabilității sale spațiale la culturile de grâu de toamnă. Rezultatele evaluării multianuale a distribuției spațiale a recoltelor, obținute pe baza datelor modelului propus, pot servi drept fundament pentru identificarea zonelor diferențiate de fertilitate a solului. Acest lucru reprezintă una dintre premisele fundamentale pentru tranziția exploatațiilor agricole către agricultura de precizie și pentru elaborarea rotațiilor culturilor argumentate științific.

Cuvinte-cheie: *Teledetecție; Indice de vegetație NDVI; Productivitate; Grâu de toamnă.*

INTRODUCERE

Solurile reprezintă principala bogăție naturală a Republicii Moldova, iar fertilitatea acestora asigură dezvoltarea agriculturii țării. Totuși, neomogenitatea învelișului de sol, determinată în mare măsură de procesele erozionale, creează anumite dificultăți în cultivarea culturilor de câmp. În acest context, estimarea eterogenității spațiale a recoltelor culturilor agricole constituie o etapă importantă în organizarea antierozională a terenurilor agricole.

Utilizarea indicilor de vegetație este larg reflectată în numeroase cercetări orientate spre prognozarea producției culturilor agricole (Wall et al., 2008; Брыксин et al., 2010, Ерошенко et al., 2016; Сторчак, 2016; Кононенко & Старостина, 2017; Morales, & Villalobos, 2023; Yli-Heikkilä et al., 2022; Shammi & Meng, 2021).

Modelarea productivității culturilor agricole are o importanță aplicativă deosebită pentru evaluarea distribuției spațiale a acestora. Rezultatele unor astfel de modele pot servi drept bază pentru identificarea eterogenității spațiale a fertilității solului, în special în cazul solurilor erodate, unde se constată diminuarea rezervelor de humus (Лиसेцкий et al., 2012; Chibotaru et al., 1996; Тишкович, 2025), a macroelementelor (Ursu et al., 2022; Boaghe, 2010), precum și a microelementelor (Leah, 2018; Boaghe, 2013), comparativ cu solurile cu profil complet dezvoltat.

Identificarea zonelor diferențiate de fertilitate a solului constituie una dintre premisele fundamentale pentru tranziția exploatațiilor agricole către agricultura de precizie și pentru elaborarea unor asolamente științific argumentate.

MATERIALE ȘI METODE

Investigațiile de teren, realizate sub forma unui studiu de caz, au fost efectuate în sudul malului stâng al râului Nistru, pe terenurile agricole ale SRL „RUSTAS”, raionul Slobozia. În cadrul cercetării au fost amplasate 17 profile de sol, din care au fost prelevate 64 de probe pe orizonturi genetice pentru efectuarea analizelor de laborator, precum și 23 de foraje de control.

Localizarea geospațială a profilelor de sol a fost realizată cu ajutorul receptorului GPS Trimble GeoXT GeoExplorer.

Analizele de laborator au fost efectuate conform procedurilor standard, în conformitate cu cerințele SM SR EN ISO/IEC 17025:2006.

În studiu au fost utilizate imagini satelitare Sentinel-2 și SRTM, precum și hărți topografice la scara 1:10.000.

Pentru prelucrarea statistică a datelor au fost aplicate metoda analizei corelațiilor și metoda celor mai mici pătrate, cu ortogonalizarea preliminară a factorilor (Долгов, 2011).

Prelucrarea și analiza materialului numeric obținut au fost realizate cu ajutorul pachetelor software MS Office, SNAP 8, ArcGIS și Statistica 10.

REZULTATE ȘI DISCUȚII

Poligonul de testare a eroziunii solului, reprezentat prin cernoziomuri obișnuite, cernoziomuri carbonatice și soluri deluviale freatic umede, este amplasat pe malul stâng al râului Nistru, raionul Slobozia, în apropierea satului Karagash. Conform zonării pedogeografice, aria de studiu aparține Zonei Stepei Câmpiei de Sud (III) și Raionului Stepei Nistrului Inferior (14), caracterizate prin predominanța cernoziomurilor obișnuite și carbonatice (Крупеников et al., 1965). Localizarea transectului de cercetare este prezentată în figura 1.

Zona de studiu a fost selectată pe terenuri cu suprafață cvasi-orizontală, precum și pe versanți cu grad de înclinație slab până la moderat (aproximativ 1°–5°), cu expuneri nord-estice și sud-vestice. În baza hărții topografice la scara 1:10.000 a fost determinat gradul de înclinație al versanților (pantele) obiectului de studiu, rezultatele fiind ilustrate în figura 2.



Figura 1. Amplasarea spațială a profilelor de sol

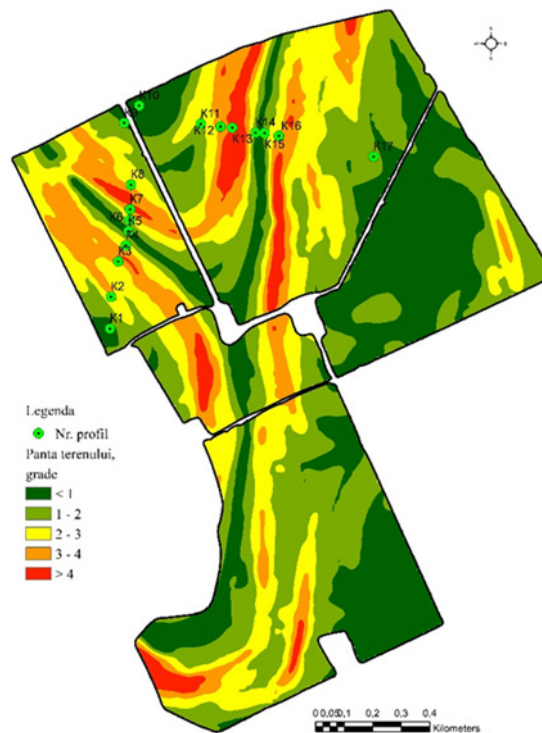


Figura 2. Harta pantelor terenului

În urma studiilor de teren, a analizelor de laborator și a lucrărilor de birou, s-a stabilit că structura învelișului de sol din cadrul poligonului cercetat este reprezentată de cernoziomuri obișnuite, cernoziomuri carbonatice și soluri deluviale freatic umede, acestea fiind supuse degradării prin eroziune de grad slab, mijlociu și puternic (Tabelul 1).

Conform compoziției granulometrice, solurile din zona de studiu variază de la luto-nisipoase până la luto-argiloase, conținutul de argilă fizică fiind cuprins între 10,34% și 59,01%. Gradul de eroziune al solului a avut un impact semnificativ asupra înălțimii părții aeriene a grâului de toamnă, atât în faza de alungire a tulpinii, cât și în faza frunzei stindard, evidențiind influența condițiilor de creștere asupra dezvoltării culturii. Astfel, în faza de alungire a tulpinii, înălțimea medie a părții aeriene a fost de 23,5 cm pe solurile puternic erodate, comparativ cu 29,3 cm pe solurile neerodate. În faza frunzei stindard, diferențele au fost mai pronunțate: 31,3 cm pe solurile puternic erodate și 42,5 cm pe solurile neerodate.

Tabelul 1. Proprietățile fizice și chimice ale solurilor

Nr. profil	Denumirea solului	Indicele orizontului	Adâncimea, cm	Apa higroscopică, %	Humus, %	Carbonați, %
K1	Cernoziom carbonatic, moderat erodat, luto-nisipos	Aark	0-27	3,54	2,33	2,42
		B ₁ k	27-44	3,18	1,1	7,64
		B ₂ k	44-55	2,99	0,89	10,92
		B ₂ ck	55-85	3,19	0,48	9,17
		Ck	85-120	3,25	0,24	7,86
K2	Cernoziom carbonatic, luto-nisipos pe nisip lutos	Aark	0-37	3,35	2,41	3,28
		B ₁ k	37-55	3,17	1,53	7,21
		B ₂ k	55-72	2,64	0,75	12,67
		B ₂ ck	72-101	2,42	0,7	12,55
		Ck	101-121	2,65	0,46	10,49
K3	Cernoziom carbonatic, moderat erodat, luto-nisipos pe nisip	AB ₁ ark	0-27	2,26	1,83	4,54
		B ₂ k	27-53	1,48	0,52	12,42
		B ₂ ck	53-95	0,99	0,12	7,00
		Ck	95-110	0,61	0,09	3,39
K4	Cernoziom carbonatic, puternic erodat, luto-nisipos pe nisip	ABark	0-22	1,94	1,53	4,32
		B ₂ ck	22-45	0,97	0,5	4,93
		Ck	45-95	0,22	0,07	3,18
K5	Sol deluvial, freatic umed, luto-nisipos	stratul I ar	0-41	3,31	2,4	1,09
		stratul II	41-65	3,04	2,22	0,88
		stratul III	65-109	3,99	3,66	0,44
		stratul IV	109-135	3,74	3,23	0,44
K6	Cernoziom obișnuit, moderat erodat, luto-nisipos	stratul I ar	0-34	3,95	2,22	0,67
		B ₁	34-61	3,88	1,79	-
		B ₂ k	61-84	3,74	1,47	0,22
		B ₂ ck	84-105	3,45	1,01	2,19
K7	Cernoziom obișnuit, puternic erodat, luto-nisipos	B ₁ B ₂	0-32	3,97	2,39	1,10
		B ₂ ck	32-89	3,45	0,98	4,61
		Ck	89-119	3,69	0,8	2,85
K8	Cernoziom obișnuit, moderat erodat, luto-nisipos	AB ₁ ar	0-32	4,16	2,65	0,22
		B ₂ k	32-54	3,74	1,71	4,61
		B ₂ ck	54-96	3,53	1,18	5,93
K9	Cernoziom obișnuit, slab erodat, luto-nisipos	Aar	0-31	4,17	2,7	0,44
		B ₁	31-50	3,96	1,94	0,44
		B ₂ k	50-60	3,38	1,42	6,3
		B ₂ ck	60-95	3,23	1,1	8,91
K10	Cernoziom obișnuit, luto-nisipos	Aar	0-41	3,98	2,73	-
		B ₁ k	41-63	4,04	2,22	6,58
		B ₂	63-73	3,39	1,54	-
		B ₂ ck	73-108	3,13	0,88	10,87
		Ck	108-120	3,35	0,85	7,99

K11	Cernoziom obișnuit, slab erodat, luto-nisipos	Aar	0-28	3,82	3,08	0,22
		B ₁ k	28-45	3,61	1,76	5,26
		B ₂ k	45-62	3,32	1,23	8,69
		B _C k	62-101	3,34	0,57	10,43
K12	Cernoziom obișnuit, moderat erodat, luto-nisipos	AB ₁ ark	0-26	3,48	2,23	3,52
		B ₂ k	26-43	2,93	1,23	9,7
		B _C k	43-81	2,8	0,59	10,79
		Ck	81-100	2,69	0,64	12,34
K13	Cernoziom obișnuit, puternic erodat, luto-nisipos	B ₁ B ₂ ark	0-29	3,38	1,96	4,85
		B _C k	29-70	3,39	0,53	8,82
14K	Sol deluvial, freatic umede luto-nisipos	Stratul I ark	0-60	3,75	2,38	2,23
		Stratul II	60-125	3,77	3,36	0,45
K15	Cernoziom obișnuit, puternic erodat, luto-nisipos	B ₁ k	0-27	3,36	1,85	4,85
		B ₂ k	27-42	3,3	0,66	4,41
		B _C k	42-75	3,3	0,68	5,07
K16	Cernoziom obișnuit, slab erodat, luto-nisipos	Aar	0-28	3,88	3,26	0,45
		B ₁ k	28-50	3,87	2,07	3,56
		B ₂ k	50-71	3,48	1,18	8,37
		B _C k	71-105	3,33	0,85	8,82
K17	Cernoziom obișnuit, luto-nisipos	Aar	0-36	4,09	2,79	-
		B ₁	36-51	3,97	2,46	1,33
		B ₂ k	51-62	3,41	1,3	6,61
		B _C k	62-110	3,08	1,07	10,8

De asemenea, gradul de eroziune al solului a influențat numărul de frați productivi formați în faza de înfrățire. La o normă de semănat de 4 milioane de boabe/ha, numărul mediu de frați productivi a fost de 3,6 milioane/ha pe solurile puternic erodate, comparativ cu 5,3 milioane/ha pe solurile neerodate (Tabelul 2).

Tabelul 2. Caracteristicile morfometrice ale grâului de toamnă în funcție de intensitatea eroziunii solului

Gradul de eroziune a solului	N	Densitatea tulpinilor-frați productivi, mil./ha	Înălțimea părții aeriene a plantei în funcție de faza de creștere, cm		
			faza alungirii tulpinii	faza frunzei substeag	faza frunzei de steag
Neerodate	9	5,3	29,3	37,0	42,5
Slab erodate	8	4,8	28,6	36,5	40,7
Moderat erodate	7	3,9	26,3	32,0	37,1
Puternic erodate	5	3,6	23,5	27,3	31,3
Sol deluvial	4	6,7	38,0	42,6	48,6

Diferențele semnificative în parametrii morfometrici, cum ar fi înălțimea părții aeriene a plantei și numărul de tulpini-frați productivi pe hectar, în funcție de gradul de eroziune al solului, subliniază necesitatea dezvoltării unei abordări care utilizează indicii de vegetație ca indicatori pentru evaluarea indirectă a eroziunii solului. Valorile NDVI pentru obiectul de studiu sunt prezentate în figura 3.

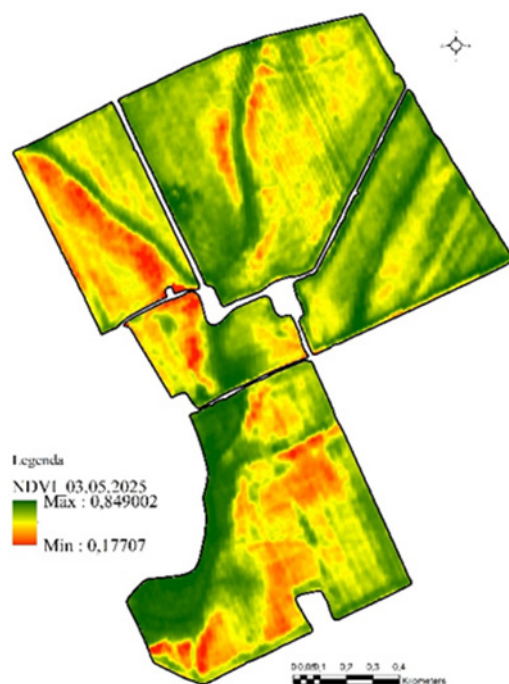


Figura 3. Valorile indicelui de vegetație NDVI la data de 03.05.2024

În cadrul poligonului de studiu, care cuprinde cernoziomuri obișnuite, cernoziomuri carbonatice și soluri deluviale freatic umede, producția de grâu de toamnă a soiului *Mudrost Odesskaya* la SRL „Rustas” în 2024 a variat între 24,44 și 62,08 q/ha (Tabelul 3). S-a constatat o corelație puternică între gradul de eroziune al solului și recolta de grâu de toamnă din cadrul profilurilor de sol, coeficientul de corelație fiind $r = 0,89$ ($n = 17$).

Tabelul 3. Indicatori statistici ai recoltei de grâu de toamnă pe parcelele cu profile de sol

Nr. profil	Adâncimea orizontului humifer Hg (AB), cm	Recolta, q/ha				CV, %	St. Er. of Est	NDVI 03.05. 2024
		repetiție			med			
		1	2	3				
K1	85	40,12	44,38	43,44	42,65	5,25	1,29	0,71
K2	72	32,77	28,17	34,89	31,94	10,75	1,98	0,62
K3	53	25,73	26,19	28,37	27,76	5,15	0,74	0,63
K4	22	25,35	22,64	24,88	24,29	5,96	0,84	0,58
K5	170	67,28	57,19	61,78	62,08	8,14	2,92	0,8
K6	61	45,66	38,71	42,36	42,24	8,23	2,01	0,71
K7	73	27,42	22,73	23,18	24,44	10,59	1,49	0,65
K8	95	31,81	35,13	38,08	35,01	8,96	1,81	0,67
K9	108	44,67	47,01	45,77	45,82	2,56	0,68	0,74
K10	101	39,18	51,06	48,26	46,17	13,45	3,59	0,75
K11	81	44,71	41,92	43,37	43,33	3,22	0,81	0,73
K12	63	38,30	35,66	29,99	34,65	12,25	2,45	0,68
K14	180	61,16	47,88	65,42	58,15	15,73	5,28	0,8
K15	42	32,44	28,67	23,98	28,36	14,94	2,45	0,63
K16	71	40,01	35,82	43,12	39,65	9,24	2,12	0,69
K17	110	48,04	53,77	44,38	48,73	9,71	2,73	0,74

În baza analizei statistice a datelor de teren din parcelele SRL „Rustas”, a fost dezvoltat un model matematic ($r = 0,96$, $n = 17$, eroare $\pm 3,2$ q/ha). Modelul dezvoltat prezintă un coeficient de determinare ridicat ($R^2 = 0,92$).

$$Y = -77,55 + 168,56NDVI, \quad (1)$$

Unde: Y – recolta potențială, t/ha; NDVI – indicele de vegetație pentru prima decadă a lunii mai.

În cadrul poligonului de cercetare supus proceselor erozionale, care cuprinde cernoziomuri obișnuite, cernoziomuri carbonatice și soluri deluviale freatic umede, producția de grâu de toamnă a soiului Mudrost Odesskaya la SRL „Rustas”, pe transecta 2 și pe terenurile adiacente, în 2024, a variat între 14,96 și 76,41 q/ha (Figura 4).

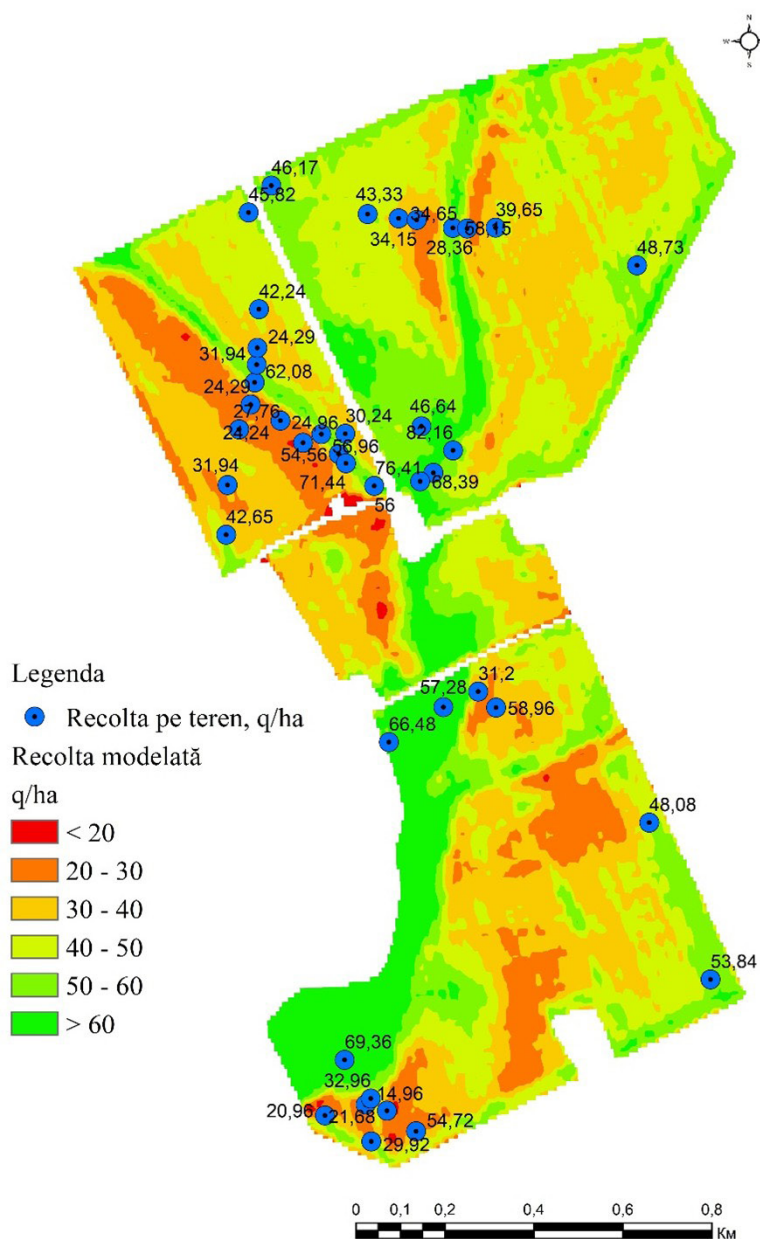


Figura 4. Recolta prognozată a grâului de toamnă în baza datelor indicelui de vegetație pe terenurile SRL „Rustas”, 2024

Eroarea relativă dintre recolta de grâu de toamnă modelată și cea măsurată în teren, în cadrul parcelelor cercetate supuse proceselor erozionale și cuprinzând cernoziomuri obișnuite, cernoziomuri carbonatice și soluri deluviale freatic umede, pe terenurile SRL „Rustas” și cele adiacente, este prezentată în Tabelul 4.

Tabelul 4. Rezultatele evaluării recoltelor grâului de toamnă

Nr. parcelă.	Recolta modelată, q/ha	Recolta în teren, q/ha	Eroare relativă, %
PC-10	38,71	32,59	18,78
PC-11	37,34	35,27	5,87
PC-12	42,97	37,69	14,01
PC-18	43,07	38,81	10,98
eroare relativă medie			12,41

Astfel, în condițiile câmpurilor de producție din anul 2024, s-a constatat că utilizarea modelelor matematice bazate pe indicii de vegetație NDVI poate fi aplicată pentru evaluarea atât a recoltelor prognozate, cât și a variabilității spațiale a productivității grâului de toamnă.

Rezultatele acestui studiu pot fi utilizate de agronomi pentru implementarea practicilor de agricultură de precizie, inclusiv aplicarea diferențiată a îngrășămintelor, precum și pentru adoptarea măsurilor de îmbunătățire și conservare a solului, în scopul menținerii fertilității acestuia și creșterii productivității culturilor agricole.

CONCLUZII

Gradul de eroziune al solului are un impact semnificativ asupra dezvoltării părții aeriene a grâului de toamnă, atât în faza de alungire a tulpinii, cât și în faza frunzei de steag, reflectând influența condițiilor de creștere asupra dezvoltării culturii.

În condițiile câmpurilor de producție din anul 2024, s-a constatat că modelele matematice bazate pe indicii de vegetație NDVI pot fi utilizate eficient pentru evaluarea atât a producției, cât și a variabilității sale spațiale la culturile de grâu de toamnă.

Rezultatele acestui studiu pot fi aplicate de agronomi pentru implementarea practicilor de agricultură de precizie, inclusiv aplicarea diferențiată a îngrășămintelor, precum și pentru adoptarea măsurilor de îmbunătățire și conservare a solului, contribuind la menținerea fertilității acestuia și la sporirea productivității culturilor agricole.

REFERINȚE BIBLIOGRAFICE

- BOAGHE, L. (2010). *Înșușirile și regimurile cernoziomurilor obișnuite din zona de sud a Moldovei și măsuri de prevenire a degradării accelerate*. Autoreferatul tezei de doctor în biologie. Chișinău, 29 p.
- BOAGHE, L. (2013). Particularitățile regimului nutritiv al solurilor cu diferit grad de eroziune. In: *Cernoziomurile Moldovei – evoluția, protecția și restabilirea fertilității lor*: Conferință științifică cu participare internațională, dedicată aniversării a 60 ani de la fondarea Institutului de Pedologie, Agrochimie și Protecție a Solului "Nicolae Dîmo" Chișinău, 12-13 septembrie 2013. Chișinău: Tipografia „Reclama”, 2013, pp. 73-76. ISBN 978-9975-4494-1-0. Disponibil: https://ibn.idsi.md/sites/default/files/imag_file/73-76_45.pdf
- CIBOTARU V. et al (1996) *Buletin de monitoring ecopedologic* (pedoerozional). Ed. a 3a. Chișinău, 86 p.
- LEAH, T. (2018). The microelements content in the eroded carbonatic chernozem from central area of Moldova. In: *Lucrări Științifice*, Universitatea de Științe Agricole și Medicină Veterinară Iași. Seria Agronomie, vol. 61 (2), pp. 51-54. ISSN 2393-4603. Disponibil: <https://www.uaiasi.ro/revagrois/PDF/2018-2/paper/09.pdf>

5. MORALES, A. & F. J. VILLALOBOS (2023). Using machine learning for crop yield prediction in the past or the future. *Frontiers in Plant Science*, vol. 14. eISSN 1664-462X. DOI 10.3389/fpls.2023.1128388.
6. SHAMMI, S. A. & Q. MENG (2021). Use time series NDVI and EVI to develop dynamic crop growth metrics for yield modeling. *Ecological Indicators*, vol. 121. ISSN 1470-160X. DOI 10.1016/j.ecolind.2020.107124.
7. URSU, A.; S. CĂPȘUNĂ; M. FILIP; T. G. AOSTĂCIOAEI; D. ȚOPA et al. (2022) Dynamics of the main agro-chemical indicators on a cropland with different slopes in the moldavian sub-carpathians. In: *Lucrări Științifice, Universitatea de Științe Agricole și Medicină Veterinară Iași. Seria Agronomie*, vol. 65, Supliment, pp. 19-22. ISSN 2393-4603. Disponibil: <https://www.uaiasi.ro/revagrois/PDF/2022-s/paper/03.pdf>
8. WALL, L.; D. LAROCQUE & P. LÉGER (2008). The early explanatory power of NDVI in crop yield modelling. *International Journal of Remote Sensing*, vol. 29 (8), pp. 2211-2225. eISSN 1366-5901. DOI 10.1080/01431160701395252.
9. YLI-HEIKKILÄ, M.; S. WITTKÉ; M. LUOTAMO; E. PUTTONEN; M. SULKAVA et al. (2022). Scalable crop yield prediction with Sentinel-2 time series and temporal convolutional network. *Remote Sensing*, vol. 14 (17). ISSN 2072-4292. DOI 10.3390/rs14174193.
10. БРЫКСИН, В. М.; А. В. ЕВТЮШКИН и Н. В. РЫЧКОВА (2010). Прогнозирование урожайности зерновых культур на основе данных дистанционного зондирования и моделирования биопродуктивности. *Известия Алтайского государственного университета*, №1-2, с. 89-93. ISSN 1561-9443. Disponibil: <https://cyberleninka.ru/article/n/prognozirovanie-urozhaynosti-zernovykh-kultur-na-osnove-dannykh-distantsionnogo-zondirovaniya-i-modelirovaniya-bioproductivnosti>
11. ДОЛГОВ, Ю. А. (2011). *Статистическое моделирование*. Учебник для вузов. 2 издание дополненное. Тирасполь: Полиграфист, 352 с.
12. ЕРОШЕНКО, Ф. В.; С. А. БАРТАЛЕВ; И. Г. СТОРЧАК и Д. Е. ПЛОТНИКОВ (2016). Возможности дистанционной оценки урожайности пшеницы озимой на основе вегетационного индекса фотосинтетического потенциала. *Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса*, т. 13, № 4, с. 99-112. eISSN 2411-0280. DOI 10.21046/2070-7401-2016-13-4-99-112.
13. ИКОНОНЕНКО, С. М. и Т. В. СТАРОСТИНА (2017). Совместное использование спутниковой и наземной метеорологической информации для мониторинга посевов сельскохозяйственных культур. *Интерэкспо Гео-Сибирь*, т. 4, № 2, с. 28-33. Disponibil: <https://cyberleninka.ru/article/n/sovmestnoe-ispolzovanie-sputnikovoy-i-nazemnoy-meteorologicheskoy-informatsii-dlya-monitoringa-posevov-selskohozyaystvennykh-kultur>
14. КРУПЕНИКОВ, И. А.; А. Ф. УРСУ; Д. М. БАЛТЯНСКИЙ и А. К. РОДИНА (1965). *Агропочвенное районирование Молдавской ССР*. Кишинёв: Картя Молдовеняскэ, 168 с.
15. ЛИСЕЦКИЙ, Ф. Н.; А. А. СВЕТЛИЧНЫЙ и С. Г. ЧЕРНЫЙ (2012) *Современные проблемы эрозиоведения*. Под редакцией А. А. Светличного. Белгород: Константа, 456 с. ISBN 978-5-9786-0248-7.
16. ТИШКОВИЧ, О. В. (2025). Влияние водной эрозии почв пахотных земель на агрохимические показатели на примере РУП «Учхоз БГСХА». *Вестник Белорусской государственной сельскохозяйственной академии*, №2, с. 156-161. ISSN 2076-5215. Disponibil: <https://cyberleninka.ru/article/n/vliyanie-vodnoy-erozii-pochv-pahotnykh-zemel-na-agrohimicheskie-pokazateli-na-prime-re-rup-uchhoz-bgsha>

Conflict of interests

No competing interests were disclosed.

Paper history

Received 12.11.2025; Accepted 15.12.2025

Copyright: © 2025 by the author(s). This is an open access article distributed under the Creative Commons Attribution License (CC BY 4.0).