

**Application of remote sensing methods for statistical estimation of organic matter in soils**

Vadym Belenok<sup>1\*</sup>, Liliia Hebryn-Baidy<sup>1,5</sup>, Natalyya Bielousova<sup>1</sup>, Halyna Zavarika<sup>2</sup>, Sergiy Kryachok<sup>3</sup>, Dmytro Liashenko<sup>4</sup>, Tetiana Malik<sup>4</sup>

1. National Aviation University, Aerospace Geodesy and Land Management Department, UA-03058, 1, Kosmonavta Komarova Ave, Kyiv, Ukraine

2. Sievierodonetsk Volodymyr Dahl East Ukrainian National University, International Economics and Tourism Department, UA-01042, 17, John Paul II Street, Kyiv, Ukraine

3. Chernihiv Polytechnic National University, Scientific Institute of Architecture, Design and Geodesy, Department of Geodesy, Cartography and Land Management, UA-14035, 95, Shevchenko Street, Chernihiv, Ukraine

4. Taras Shevchenko National University of Kyiv, Institute of Geology, Geoinformatics Department, UA-03022, 90, Vasylykivska str., Kyiv, Ukraine

5. University of Cambridge, Scott Polar Research Institute, Lensfield Road, Cambridge CB2 1ER, Cambridge, United Kingdom

\*Corresponding author: belenok.vadim@nau.edu.ua

## Appendix A

Table A1. SOM content in soils of Kyiv region by survey rounds (1986-2015) in 15 selected districts

District name	Rounds											
	V		VI		VII		VIII		IX		X	
	Investigated area, thousand hectares	SOM content, %	Investigated area, thousand hectares	SOM content, %	Investigated area, thousand hectares	SOM content, %	Investigated area, thousand hectares	SOM content, %	Investigated area, thousand hectares	SOM content, %	Investigated area, thousand hectares	SOM content, %
Bilotserkivskiyi	76.4	3.50	78.5	3.20	70.8	3.30	81.3	3.30	62.9	3.45	55.8	3.54
Bohuslavskiyi	38.2	2.00	24.1	2.40	35.3	2.60	29.5	2.41	30.0	2.49	27.0	2.46
Vasylykivskiyi	58.8	3.20	27.0	2.80	58.1	2.90	51.2	3.45	40.7	3.31	44.9	3.36
Volodarskiy	45.6	3.00	13.1	3.00	41.7	3.10	31.6	3.36	29.9	2.98	39.8	3.10
Zghurivskiyi	45.2	3.10	37.2	3.60	43.6	3.10	40.5	3.21	38.8	3.19	38.1	3.19
Kaharlytskiy	61.3	3.40	31.8	3.40	57.6	3.40	41.3	3.75	46.8	3.55	38.6	3.34
Myronivskiy	47.8	3.30	35.1	3.30	43.0	3.05	36.9	2.54	41.9	2.54	32.2	3.12
Obukhivskiy	30.9	2.90	15.1	2.90	29.5	2.80	23.9	3.18	24.5	2.83	23.2	2.75
Pereiaslavskiyi.	63.0	3.20	47.6	3.00	62.5	3.00	40.0	2.85	46.4	2.66	47.9	2.61
Rokytnianskiy	37.2	3.50	21.8	3.80	35.3	3.20	30.8	3.22	26.1	3.25	24.5	3.49
Skvyrskiy	69.6	3.00	40.5	2.90	60.4	3.00	50.1	3.18	51.0	3.16	51.7	3.03

Stavyschenskyi	28.5	2.70	35.1	2.80	36.1	2.90	32.4	3.39	36.9	3.29	37.2	3.69
Tarashchanskyi	41.6	2.90	30.5	2.90	37.8	2.91	31.4	2.91	33.3	3.25	28.4	3.37
Tetiivskyi	44.4	3.00	35.3	3.30	46.0	3.30	39.8	3.30	39.3	3.12	38.7	3.26
Yahotynskyi	52.3	3.00	43.7	3.00	28.4	3.20	32.6	3.62	38.1	3.37	41.7	3.52

Table A2. Raw data (MLR predictors and their values)

Name of district	Predictors												
	$x_1$	$x_2$	$x_3$	$x_4$	$x_5$	$x_6$	$x_7$	$x_8$	$x_9$	$x_{10}$	$x_{11}$	$x_{12}$	$x_{13}$
Round V (1986-1990)													
Bilotserki vskiy	0,057425	0,078920	0,085264	0,162002	0,273880	0,254599	0,312543	0,258664	0,128064	2,413917	8,820075	35,473230	51,298423
Bohuslavskiy	0,062237	0,088355	0,099805	0,185610	0,271855	0,239962	0,301609	0,191337	0,138753	4,181744	8,903756	32,190634	72,601541
Kaharlytskiy	0,057191	0,077621	0,084613	0,161496	0,279638	0,261684	0,313363	0,270411	0,128274	2,896983	9,023471	32,422177	59,634872
Myronivskiy	0,059576	0,080671	0,087706	0,166316	0,276258	0,253862	0,310277	0,251605	0,130272	3,138392	9,164888	32,134218	67,229710
Obukhivskiy	0,062663	0,087935	0,098260	0,181751	0,290262	0,264469	0,301605	0,231891	0,135473	3,411970	8,980132	33,452297	57,118933
Pereiaslavskiy	0,059271	0,081944	0,090281	0,171738	0,284852	0,257156	0,311703	0,248966	0,134067	1,620588	9,319182	32,485788	62,049902
Rokytnianskiy	0,057420	0,078712	0,085567	0,160290	0,273992	0,254523	0,305009	0,263131	0,124631	2,497488	8,964697	33,240908	54,785825
Skvyrvskiy	0,058838	0,081426	0,087965	0,168149	0,290347	0,269500	0,313655	0,267748	0,132959	2,583577	8,467440	36,550652	47,510035
Stavyshehenskiy	0,055855	0,078693	0,086888	0,164691	0,267862	0,242637	0,309815	0,244016	0,128919	2,829848	8,636723	35,614108	49,686427
Tarashchanskiy	0,057074	0,080987	0,091332	0,169969	0,277925	0,256072	0,301729	0,245006	0,129400	3,298227	8,743182	33,692801	55,453324

Tetiivskiy	0,057657	0,062904	0,059502	0,055941	0,054985	Round VI (1991-1995)																	
Vasylkivskiy	0,080474	0,087426	0,082932	0,076263	0,074898	Bilotserskiy	0,057572	0,061840	0,064688	0,057294	0,064469	0,080025	0,087321	0,164449	0,254440	0,208308	0,306562	0,215493	0,128007	1,620588	8,354689	37,025829	78,151712
Volodarskiy	0,096233	0,090376	0,090376	0,081277	0,080348	Bohuslavskiy	0,074349	0,082546	0,068952	0,074184	0,081415	0,092290	0,092290	0,167923	0,265261	0,226911	0,291648	0,222856	0,124467	3,411970	8,102695	42,569922	82,206922
Yahotynskiy	0,166743	0,182156	0,171385	0,155792	0,153955	Kaharlytskiy	0,083435	0,095512	0,079424	0,085311	0,079424	0,085311	0,085311	0,162220	0,264182	0,227198	0,311540	0,270229	0,118601	2,896983	8,148882	40,121931	82,016480
Zghurivskiy	0,270000	0,285264	0,282498	0,274292	0,273239	Myronivskiy	0,154178	0,180290	0,149755	0,162220	0,167923	0,167923	0,167923	0,167923	0,265261	0,226911	0,291648	0,222856	0,124467	3,411970	8,102695	42,569922	82,206922
	0,244411	0,259564	0,260128	0,253486	0,248622	Obukhivskiy	0,268976	0,271064	0,259325	0,264182	0,265261	0,265261	0,265261	0,265261	0,265261	0,226911	0,291648	0,222856	0,124467	3,411970	8,102695	42,569922	82,206922
	0,309693	0,311725	0,311008	0,314762	0,314277	Pereiaslavskiy	0,297785	0,307911	0,306611	0,311540	0,291648	0,291648	0,291648	0,291648	0,291648	0,226911	0,291648	0,222856	0,124467	3,411970	8,102695	42,569922	82,206922
	0,239607	0,230748	0,250668	0,276048	0,280393		0,270565	0,203301	0,270229	0,241217	0,241217	0,241217	0,241217	0,241217	0,241217	0,227198	0,311540	0,222856	0,124467	3,411970	8,102695	42,569922	82,206922
	0,130509	0,138927	0,133152	0,125406	0,123981		0,118693	0,138230	0,118601	0,128159	0,128159	0,128159	0,128159	0,128159	0,128159	0,227198	0,311540	0,222856	0,124467	3,411970	8,102695	42,569922	82,206922
	3,329835	2,743464	2,611527	1,758489	1,979570		2,413917	4,181744	2,896983	3,138392	3,138392	3,138392	3,138392	3,138392	3,138392	0,227198	0,311540	0,222856	0,124467	3,411970	8,102695	42,569922	82,206922
	8,444010	8,716852	8,554846	9,304285	9,138411		8,017064	8,085233	8,148882	8,295305	8,295305	8,295305	8,295305	8,295305	8,295305	0,227198	0,311540	0,222856	0,124467	3,411970	8,102695	42,569922	82,206922
	34,167622	35,971318	35,550269	35,197777	35,017137		42,557426	39,557749	40,121931	37,379095	37,379095	37,379095	37,379095	37,379095	37,379095	0,227198	0,311540	0,222856	0,124467	3,411970	8,102695	42,569922	82,206922
	46,449437	56,725755	46,753009	63,695463	68,569269		75,123608	94,424209	82,016480	88,756253	88,756253	88,756253	88,756253	88,756253	88,756253	0,227198	0,311540	0,222856	0,124467	3,411970	8,102695	42,569922	82,206922

Rokytnianskyi	0,058034	0,074857	0,087285	0,161435	0,281518	0,257097	0,298715	0,272546	0,123167	2,497488	8,138392	40,235560	79,507964
Skvyrynskyi	0,060395	0,078765	0,086358	0,160988	0,261331	0,217138	0,301285	0,237333	0,124383	2,583577	7,599594	43,668901	69,502255
Stavyshehenskyi	0,058100	0,078964	0,087633	0,162211	0,272218	0,241302	0,298379	0,255135	0,123885	2,829848	7,815716	42,088946	75,071428
Tarashchanskyi	0,058269	0,077664	0,089205	0,164547	0,281536	0,254463	0,296452	0,263577	0,124755	3,298227	7,920668	41,134224	79,070449
Tetiivskyi	0,059890	0,082334	0,089848	0,164554	0,257522	0,222180	0,293300	0,221350	0,123667	3,329835	7,592784	43,293306	69,584811
Vasylkivskyi	0,059274	0,077468	0,086342	0,159569	0,255949	0,215339	0,297088	0,235719	0,121522	2,743464	7,896021	43,016267	78,725320
Volodarskyi	0,062343	0,082610	0,090535	0,168005	0,268064	0,229664	0,299332	0,231606	0,127742	2,611527	7,683544	43,033324	70,415148
Yahotynskyi	0,056400	0,073795	0,078573	0,147253	0,228874	0,182920	0,303636	0,217446	0,116328	1,758489	8,275169	37,525629	79,713118
Zghurivskyi	0,059887	0,076098	0,081917	0,153665	0,232371	0,181753	0,304113	0,203793	0,120672	1,979570	8,093577	39,174573	83,041945
Round VII (1996-2000)													
Bilotserkivskyi	0,054181	0,073442	0,080903	0,152823	0,269400	0,235402	0,308271	0,276451	0,121201	2,413917	9,810020	37,940616	74,287413
Bohuslavskyi	0,064532	0,090576	0,104886	0,195682	0,300836	0,259278	0,302264	0,215317	0,145051	4,181744	9,846032	36,643577	95,027608

Kaharlytskyi	0,058235	0,058969	0,062254	0,064000	0,056321	0,058006	0,055812	0,057027	0,056570	0,059096	0,056735	0,057847
Myronivskyi	0,078077	0,079640	0,084211	0,085215	0,075900	0,077601	0,076828	0,078158	0,080032	0,080850	0,078091	0,0777031
Obukhivskyi	0,086747	0,089940	0,094577	0,095853	0,083702	0,086305	0,086183	0,089422	0,090197	0,089292	0,087527	0,085392
Pereiaslavskyi	0,160976	0,166051	0,176168	0,176152	0,154477	0,163432	0,161006	0,166843	0,169398	0,168963	0,165481	0,156876
Rokytnianskyi	0,277540	0,290413	0,287101	0,295760	0,256009	0,285685	0,270631	0,283638	0,279172	0,283479	0,279952	0,277925
Skvyrskyi	0,241247	0,254265	0,251997	0,254220	0,212215	0,248244	0,233711	0,247071	0,243903	0,248389	0,240737	0,241871
Stavyshehenskyi	0,299418	0,297056	0,302114	0,294555	0,297058	0,308456	0,302653	0,301621	0,305215	0,309117	0,308080	0,294242
Tarashchanskyi	0,267538	0,273253	0,239458	0,254274	0,248070	0,272346	0,257350	0,262556	0,246576	0,257264	0,259643	0,2777048
Tetiivskyi	0,123399	0,125855	0,133389	0,131053	0,118486	0,128491	0,124407	0,127653	0,130735	0,131305	0,129254	0,119514
Vasylkivskyi	2,896983	3,138392	3,411970	1,620588	2,497488	2,583577	2,829848	3,298227	3,329835	2,743464	2,611527	1,758489
Volodarskyi	9,815719	10,009440	9,808437	9,902784	9,873069	9,583002	9,734434	9,753032	9,666061	9,652197	9,704262	9,791263
Yahotynskyi	35,573079	34,984207	37,288760	36,839840	36,908877	40,800455	38,050165	37,189051	39,194770	39,934485	38,652704	40,077608
	82,525626	90,273726	81,636504	77,988682	78,509738	69,335310	65,803093	77,264521	60,158726	78,951251	65,939188	79,571915

Round VIII (2001-2005)													
Zghurivskiy	0,062671	0,082683	0,091269	0,168550	0,282935	0,240793	0,297339	0,252926	0,127430	1,979570	9,601699	39,934175	82,693979
Bilotserkivskiy	0,050854	0,070567	0,078447	0,139939	0,240849	0,199156	0,280468	0,265842	0,104217	2,413917	8,425133	40,248648	54,295593
Bohuslavskiy	0,063831	0,087395	0,099278	0,180967	0,246454	0,183723	0,291243	0,153290	0,132493	4,181744	8,453873	32,278644	69,428238
Kaharlytskiy	0,054821	0,073465	0,084000	0,152294	0,243223	0,197077	0,287191	0,228664	0,114134	2,896983	8,572842	35,965495	61,090880
Myronivskiy	0,057179	0,077912	0,089177	0,166244	0,245440	0,198706	0,301885	0,190209	0,127599	3,138392	8,765187	32,752230	66,865602
Obukhivskiy	0,061907	0,084436	0,096122	0,171537	0,247337	0,197024	0,282448	0,180163	0,123144	3,411970	8,533574	40,621106	59,720235
Pereiaslavskiy	0,060096	0,081670	0,093847	0,171772	0,259227	0,206823	0,292794	0,201398	0,127821	1,620588	8,755733	32,715219	54,640742
Rokytnianskiy	0,054886	0,074816	0,085446	0,153480	0,245653	0,202780	0,283561	0,230627	0,113527	2,497488	8,499368	36,576872	57,307028
Skvyrvskiy	0,054760	0,075844	0,085290	0,153133	0,240624	0,187788	0,283641	0,221834	0,113366	2,583577	8,183536	45,054385	49,862314
Stavyshehenskiy	0,058585	0,075960	0,084428	0,147948	0,226599	0,178921	0,271368	0,211882	0,106333	2,829848	8,322536	37,485434	52,138567
Tarashchanskiy	0,061066	0,078632	0,088482	0,158764	0,223470	0,167091	0,282328	0,169848	0,116471	3,298227	8,305620	35,725735	57,308506





Rokytnianskyi	0,058182	0,079981	0,087562	0,156061	0,279983	0,247510	0,279860	0,284247	0,113986	2,497488	8,703881	35,151858	66,381130
Skvyrynskyi	0,060284	0,082232	0,090642	0,163520	0,270157	0,230355	0,286803	0,244720	0,120583	2,583577	8,298972	39,692777	65,566465
Stavyshehenskyi	0,058520	0,082623	0,091861	0,168419	0,264975	0,231133	0,294124	0,224247	0,126081	2,829848	8,414180	37,526777	58,523339
Tarashchanskyi	0,061672	0,086530	0,096042	0,179173	0,276919	0,238792	0,301540	0,216107	0,135403	3,298227	8,496829	36,147025	62,457607
Tetiivskyi	0,056829	0,080244	0,089084	0,160803	0,267843	0,237501	0,286862	0,250057	0,119044	3,329835	8,339078	39,716273	67,130844
Vasylkivskyi	0,058088	0,080323	0,087508	0,156650	0,264111	0,222195	0,282492	0,257375	0,114822	2,743464	8,540926	38,667961	71,137957
Volodarskyi	0,059427	0,083027	0,092545	0,169910	0,273469	0,241813	0,295284	0,235120	0,127093	2,611527	8,386138	38,647582	67,213187
Yahotynskyi	0,057098	0,076769	0,082274	0,148148	0,271700	0,245332	0,284650	0,294009	0,110982	1,758489	8,994912	38,651128	79,347491
Zghurivskyi	0,055027	0,076077	0,081664	0,149556	0,270076	0,236197	0,291775	0,288509	0,114175	1,979570	8,870040	41,689618	83,520148
Round X (2011-2015)													
Bilotserkivskyi	0,044233	0,066599	0,073527	0,173633	0,226343	0,183148	0,406884	0,134872	0,169698	2,413917	9,118331	35,19312	65,96683
Bohuslavskyi	0,047053	0,073594	0,084692	0,200075	0,233683	0,173128	0,406164	0,079776	0,190287	4,181744	9,158120	35,029107	75,951200

Kaharlytskyi	0,043695	0,050458	0,053187	0,046694	0,045137	0,046429	0,041784	0,044037	0,041624	0,048878	0,045032	0,042743
Myronivskyi	0,066953	0,073039	0,078307	0,070814	0,069007	0,070572	0,065847	0,069101	0,066805	0,074213	0,070584	0,064850
Obukhivskyi	0,074094	0,081742	0,089611	0,082941	0,076892	0,080041	0,076226	0,077981	0,074840	0,083885	0,080869	0,073366
Pereiaslavskyi	0,174418	0,194454	0,197662	0,200999	0,179948	0,193821	0,183423	0,186213	0,180052	0,199842	0,193872	0,176180
Rokytivskyi	0,236894	0,247033	0,241884	0,250750	0,235859	0,237035	0,220740	0,224566	0,213390	0,241562	0,236750	0,233628
Skvyrvskyi	0,194453	0,200092	0,193515	0,197860	0,185433	0,184451	0,162044	0,163012	0,161329	0,189455	0,184922	0,189456
Stavyshehenskyi	0,403386	0,408392	0,387346	0,416251	0,403471	0,415561	0,412790	0,410276	0,413268	0,411059	0,412677	0,412238
Tarashchanskyi	0,155936	0,122443	0,104802	0,112348	0,136249	0,104004	0,095716	0,096213	0,086129	0,100530	0,103394	0,141881
Tetiivskyi	0,169579	0,187012	0,177525	0,195068	0,173416	0,189186	0,180128	0,181297	0,177582	0,190934	0,187554	0,174238
Vasylkivskyi	2,896983	3,138392	3,411970	1,620588	2,497488	2,583577	2,829848	3,298227	3,329835	2,743464	2,611527	1,758489
Volodarskyi	9,203650	9,429912	9,155497	9,380379	9,198509	8,880913	8,967736	9,008616	8,929280	9,040324	8,962770	9,281313
Yahotynskyi	31,178135	31,207343	31,990004	27,543843	33,717878	39,210587	38,868709	36,337598	42,090484	34,566352	39,279339	27,110686
	72,230519	77,815555	75,561737	71,627039	69,604503	69,041875	62,311765	66,882548	65,684454	65,270088	67,889358	73,981625

Zghurivsk yi	0,045209	0,066658	0,075176	0,181781	0,241279	0,198347	0,414215	0,143612	0,179577	1,979570	9,179238	28,365550	75,305042
-----------------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	----------	-----------	-----------