

6. Ivanenko E. Primary Criteria of Protected Areas Network Expansion (Nature Reserve Fund of Ukraine Case Study). *Geografický časopis*, № 3, 2015. – Pp. 285–298.
7. Uuema, E., Antrop, M., Roosaare, J. et al. Landscape metrics and indices: an overview of their use in landscape research // *Living Reviews in Landscape Research*. – 2009. – Vol. 3, 1. Available at: <http://lrlr.landscapeonline.de/Articles/lrlr-2009-1/>.
8. World Ecological Land Units Map 2015 / USGS, Esri, Metzger et al. 2012, ESA, GEO. Available at: <https://www.arcgis.com/home/item.html?id=77bbcb86d5eb48a8adb084d499c1f7ef>.

С.Г. Чорний, Д.А. Абрамов, Д.Ш. Садова
Миколаївський національний аграрний університет,
s.g.chorny@gmail.com

ІДЕНТИФІКАЦІЯ ҐРУНТОВИХ ВИДІВ СТЕПУ УКРАЇНИ ЗА ДОПОМОГОЮ «ЛІНІЇ ҐРУНТІВ»

Проблема картування ґрунтового покриття України є досить актуальною. Особливо це стосується створення для виробничих цілей велико масштабних карт 1:5000, 1:10000; 1:25000. Одною з можливостей швидко і ефективно провести таке картування пов'язано з використанням супутникової інформації, особливо багато спектральних знімків, які покривають великі площі. В цьому сенсі однією з успішних технологій слід визначити використання концепції так званої «ґрунтової лінії» або «лінії ґрунтів». Лінією ґрунту називається лінійна залежність між значеннями яскравостей червоного (RED) та ближнього інфрачервоного (NIR) спектрів в гіперспектральному просторі, отриманому при багато спектральному скануванню поверхні ґрунту не зайнятого рослинністю [1, 2, 3, 4, 5]. Така лінія описується звичайним лінійним рівнянням

$$\text{NIR} = \text{RED} \times \beta_0 + \beta_1. \quad (1)$$

де NIR – значення яскравості в ближній інфрачервоній частині спектру, RED – значення яскравості в червоній частині спектру, β_0 – тангенс кута нахилу, β_1 – відстань по осі ординат від точки перетину до начала осі.

Об'єктом вивчення були лінії ґрунтів чотирьох дослідних ділянок зі звичайними і південними чорноземами разом з їх еродованими схилувими відмінами, які розташовані в Правобережному Степу України (табл. 1). В цьому регіоні ерозія має серйозний вплив на структуру ґрунтового покриття і є головною причиною його високої комплексності.

У якості вихідних даних дистанційного зондування використали супутникові зображення, що були отримані сканером OLI (Operational Land Imager), який знаходиться на борту американського супутника Ландсат-8. Зображення мають просторове розрішення в 30 м у пікселі для восьми спектральних каналів. Для побудови ліній ґрунтів були необхідні лише два спектральні канали – четвертий (червоний, red, 0,64-0,67 мкм) і п'ятий (близький інфрачервоний, NIR, 0,85-0,88 мкм). Для визначення спектральної яскравості досліджуваних агроландшафтів використовували програмне

забезпечення з відкритим вихідним кодом QGIS 2.18. Яскравість вимірюється QGIS 2.18 в безрозмірних одиницях від 0 до 1.

Таблиця 1

Характеристика дослідних ділянок

№ з/п	Ґрунти	Координати середини ділянок		Дати зображень, що були використані в розрахунках	Кількість відібраних пікселів	
		Широта (N)	Довгота (E)		Нееродовані ґрунти	Еродовані ґрунти
1	Чорнозем південний	46,905448	31,679024	04.04.17, 31.03.18	94	140
2	Чорнозем південний	46,892311	31,682028	04.04.17, 31.03.18	84	110
3	Чорнозем південний	47,353425	32,874279	28.03.17, 13.04.17	148	314
4	Чорнозем звичайний	47,826719	31,318726	29.10.17, 08.10.15	386	488

Оскільки технологія побудови ліній ґрунтів можлива лише при відсутності рослинності, то була проведена верифікація поверхонь дослідних ділянок для всіх доступних безхмарних зображень сканера OLI супутника Landsat-8 за 2015-2018 роки. Оцінка наявності або відсутності рослинності визначалась за допомогою вегетаційного індексу NDVI [10]:

$$NDVI = \frac{NIR-RED}{NIR+RED} \quad (2)$$

Якщо NDVI був в діапазоні значень 0-0,32 то вважали, що поверхня ґрунту або зовсім не має рослинного покриття або він практично не впливає на відбивні властивості ґрунтів. Таким чином для досліджень було відібрано шість безхмарних супутникових знімків від 08.10.2015, 28.03.2017, 04.04.2017, 13.04.2017, 29.10.2017, 31.03.2018 (табл. 1). Лінії ґрунтів будувалися за допомогою засобів MS Excel 2010. А для статистичної оцінки тісноти та значущості отриманих рівнянь регресії $NIR = f(RED)$ та параметрів β_1 , β_0 . був використаний пакет аналізу даних цього ж програмного продукту.

Концепція ґрунтової лінії, як важливого атрибута діагностики ґрунтів при використанні даних багато спектрального супутникового зондування поверхні ландшафтів, має на увазі той факт, що значення вегетаційних індексів (таких, як, наприклад, NDVI (2)), які демонструють ступінь насиченості поверхні ґрунту рослинним покривом, в гиперспектральному просторі з осями NIR (вісь Y) та RED (вісь X), будуть знаходитися в лівій верхній частині такого графіку. Обмежувальна пряма лінія, яка приблизно відповідає мінімальним значенням вегетаційних індексів близьких до нуля, тобто стану дуже розрідженої рослинності або її повної відсутності, і є лінією ґрунтів. А отже, якщо ґрунт є самостійним природним тілом, то, очевидно, що він повинен мати унікальні спектральні характеристики, які відрізняють його від рослинності, снігового покриття, водної поверхні, поверхні забудов тощо.

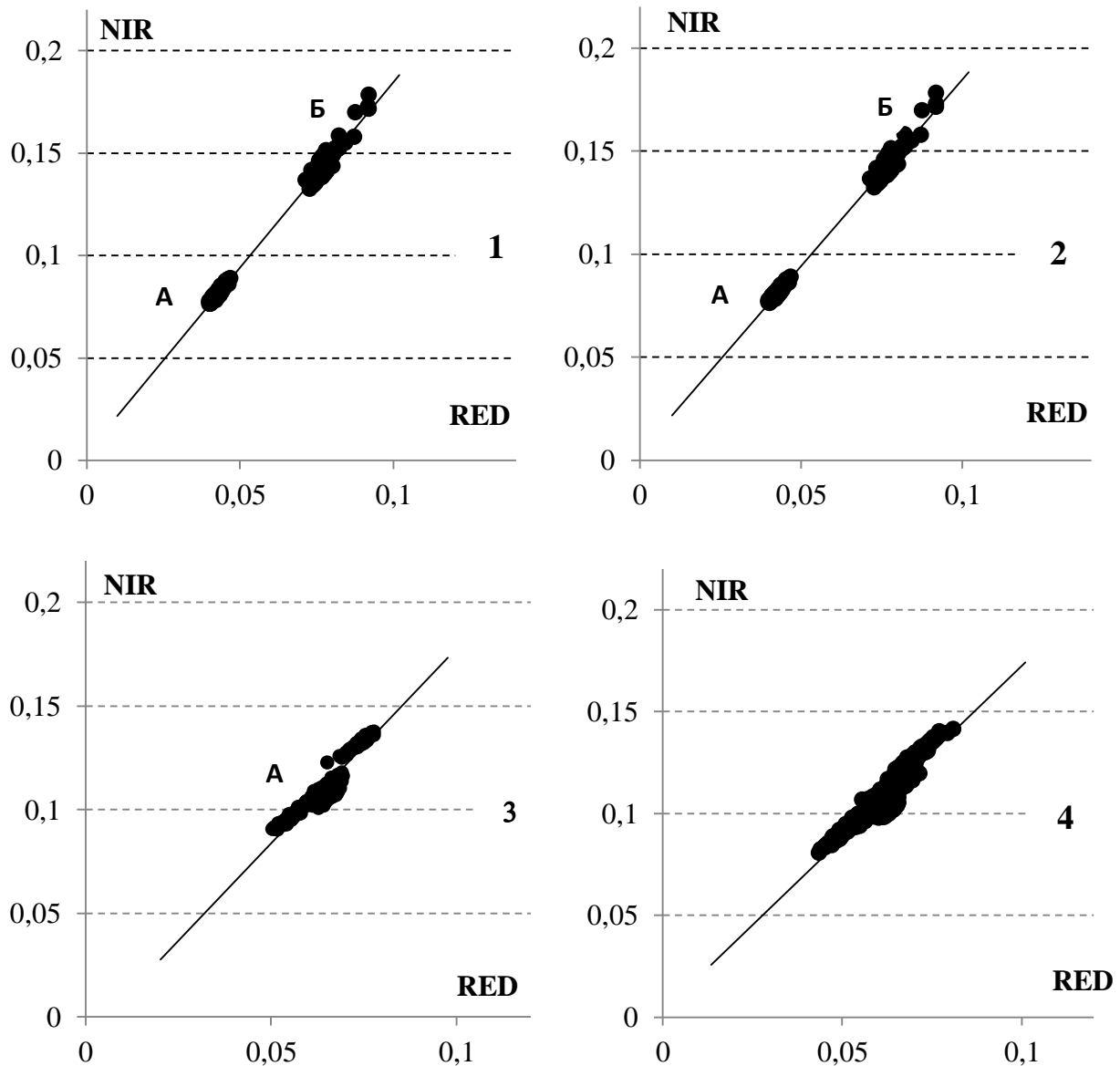


Рис. 1. Лінії ґрунтів (1 – чорнозем звичайний нееродований; 2 – чорнозем звичайний еродований; 3- чорнозем південний нееродований; 4- чорнозем південний еродований).

Причому різні ґрунти повинні мати різні спектральні параметри, які, якимось пов'язані з фізичними, хімічними та іншими властивостями поверхневого шару. В цьому випадку, очевидно, що кількісні параметри лінії ґрунтів (β_1 , β_0) повинні нести інформацію про ці властивості і тоді можуть використовуватися для ідентифікації цих властивостей ґрунтів, виділення окремих ґрунтових контурів при картуванні, оцінок ступеню їх неоднорідності тощо.

Лінії ґрунтів по чотирьох дослідних ділянках наведені в рисунку 1, а її параметри наведені в таблиці 3. Розраховані критерії Фішера та Стюдента показують на статистичну значущість отриманих рівнянь регресії та параметрів β_1 , β_0 .

Параметри ліній ґрунтів

№ з/п	Назва ґрунту	Критерій Фішера (F)	Коефіцієнт детермінації (R^2)	β_0			β_1		
				Значення	Стандартні помилки (m_{β_0})	Критерій Ст'юдента	Значення	Стандартні помилки (m_{β_1})	Критерій Ст'юдента
1.	Чорнозем звичайний нееродований	102365	0,9963	1,8103	0,0056	319,94	0,0036	0,0004	10,15
2.	Чорнозем звичайний еродований	74244	0,9935	1,7386	0,0064	272,48	0,0074	0,0005	15,71
3.	Чорнозем південний нееродований	3090	0,9053	1,8812	0,0338	55,59	-0,0104	0,0022	4,71
4.	Чорнозем південний еродований	2479	0,8149	1,6989	0,0341	49,79	0,0027	0,0021	2,29

Як видно рисунку 1 і таблиці 3, вихідні дані кладуться на графік у вигляді дуже витягнутого еліпса, а пряма, яка ці дані апроксимує має різні як параметри β_1 , β_0 так і коефіцієнти детермінації (r^2) (табл. 3). Якщо для звичайних чорноземів зв'язок практично функціональний ($r^2=0,99-1,00$), як для еродованих відмін, так і для не еродованих, то для південних чорноземів коефіцієнт детермінації дещо нижчий. Для не еродованих відмін він дорівнює 0,90, а для еродованих – 0,81.

Отже лінійні функції $NIR = f(RED)$ (або «лінія ґрунтів»), що були побудовані в гіперспектральному просторі, за даними, що були отримані при багато спектральному скануванню поверхонь агроландшафтів не зайнятих рослинністю, сканером OLI, можуть бути використані для ідентифікації та майбутньому картуванню різних підтипів чорноземів та їх еродованих відмін Правобережного Степу України. Параметри лінії ґрунтів (β_1 , β_0), а також величина коефіцієнту детермінації (r^2), який показує на тісноту зв'язку між вибірками NIR та RED, статистично значущі, що пов'язані з особливостями хімічного складу цих ґрунтів, зокрема вмістом гумусу, карбонатів та (для південних чорноземів) мало натрієвою солонцюватістю.

Література:

- Galvao L.S., Vitorello I. Variability of laboratory measured soil lines of soils from southeastern Brazil. *Remote Sens. Environ.* 1998; 63: 166-181.
- Yoshioka, H., Miura, T., Demattê, J.A., Batchily K., Huete, A.R. Derivation of soil line influence on two-band vegetation indices and vegetation isolines. *Remote Sens.* 2009; 1: 842-857.
- Fox G.A., Sabbagh G.J., Searcy S.W. Yan C. An automated soil line identification routine for remotely sensed images text. *Soil Science Society of America Journal.* 2004; 68: 1326-1331.
- Chorny S.G., Abramov D.O. Determination of soil line parameters of Right-Bank Ukraine chernozems by means of «Landsat-7» spectral satellite images. *Gruntoznavstvo.* 2013, Vol. 14. 3-4: 106-113.
- Rukhovich D.I., Rukhovich A.D., Rukhovich D.D., Simakova M.S., Kulyanitsa A.L., Bryzhev A.V., Koroleva P.V. The informativeness of coefficients a and b of the soil line for the analysis of remote sensing materials. *Eurasian Soil Science*, 2016, 49 (8): 831-845.