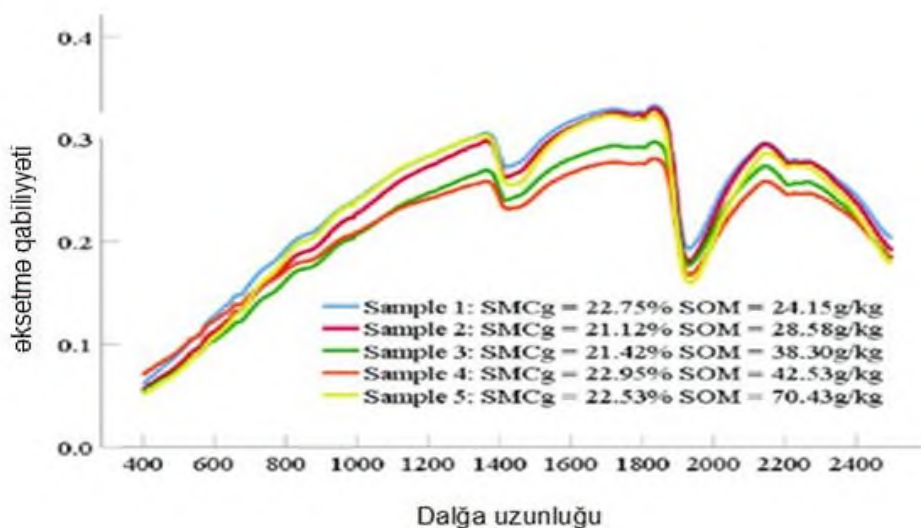


Y.C.Süleymanova (MAKA-nın Kosmik Cihazqayırma Məxsusi Konstruktor Bürosu)

ÜZVİ MADDƏLƏRLƏ ZƏNGİN RÜTUBƏTLİ TORPAQLARIN İNTEQRAL SPEKTRAL ƏKSETMƏSİNİN QIYMƏTLƏNDİRİLMƏSİ METODİKASI

Bəzi tədqiqatlarda göstərildiyi kimi torpağın nəmliyi bitki örtüyünün böyüməsində, torpağın biokimyəvi tərkibinin formalaşmasında, eroziyasında, torpaq və atmosfer arasında istilik və su mübadiləsi hadisələri daxil olmaqla bir çox prosesin gedişində mühüm amil hesab edilir [1]. Bu səbəbdən torpağın nəmliyinin dəqiq qiymətləndirilməsi bu proseslərin öyrənilməsində və modelləşdirilməsində ən vacib faktordur [2]. Eyni zamanda torpağın nəmliyini təyin etmək üçün məsafədən zondlama (MZ) metodlarının geniş tətbiq edilməsinə baxmayaraq, bu göstəricinin yüksək dəqiqliklə müəyyənləşdirilməsi indiki dövrə qədər həll olunmamış problem olaraq qalmaqdadır [3]. Bəzi müəlliflərin araşdırmalarına görə torpaqdakı nəm onun tərkibindəki üzvi maddələrin və duzların spektrometrik ölçülməsi zamanı əldə edilən məlumatlara əhəmiyyətli dərəcədə təsir göstərir [4].

Digər tədqiqatlarda [5] isə torpaqdakı üzvi maddələrin miqdarı onun əksetmə spektrinin formalaşmasına təsir edən amillərdən biri kimi təqdim edilir. Bu təsir özünü əsasən spektrin 1400 nm, 1700 nm, 1860 nm, 2150 nm, 2300 nm və 2240 nm dalğa uzunluğunda göstərir [6]. Müvafiq model-eksperimental tədqiqatlar [5] həmin təsirin xüsusilə əhəmiyyətli olduğunu bir daha təsdiq edir. Şəkil 1-də müxtəlif rütubətliyə (SMC) malik 6 torpaq nümunəsi üçün torpaqda üzvi maddələrin miqdarından (SOM) asılı olaraq əksetmə spektrinin dəyişmə qanunauyğunluğu göstərilmişdir.



Şəkil 1. SOM-un torpağın əksetmə spektrinə təsirinin əyani təqdimatı [5]

Şəkil 1-də göstərilən qrafiklərdən görüldüyü kimi SOM-un qiyməti artdıqca torpağın əksetmə spektri azalır. Ona görə də baxılan halda torpağın əksetmə spektrinin formalaşmasında SOM ilə SMC-nin qarşılıqlı təsirinin araşdırılması əsas məqsəd kimi qarşıya çıxmışdır. Bu məqsədlə digər tədqiqatçılar tərəfindən [5] SMC-nin mümkün

qiymətlərinə SOM-un təsirinin araşdırılması üzrə alınmış nəticələr əsas götürülərək aşağıdakı asılılıqdan istifadə edilmişdir:

$$SMC = a_1 + a_2 \ln(L \cdot \log(SOM)). \quad (1)$$

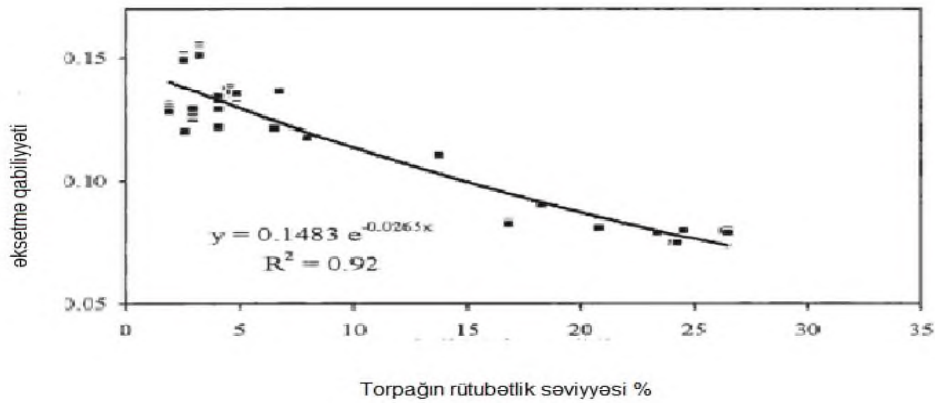
Burada $a_1, a_2 = const$ (torpaq örtüyünün tipindən asılı olaraq fərqli qiymətlər alır), L -torpaq örtüyündə olan suyun ümumi qalınlığıdır.

Bununla yanaşı digər eksperimental tədqiqatlarda [7] rütubətli torpaqlardan əks olunan siqnalla SMC arasında eksponensial asılılığın olduğu müəyyən edilmiş və həmin əlaqə

$$R = d_1 \exp(-d_2 SMC) \quad (2)$$

kimi ifadə olunmuşdur.

Burada R - rütubətli torpaqdan əks olunan siqnal; $d_1, d_2 = const$, (torpaq tiplərindən asılı olaraq dəyişən sabitlərdir). Baxılan asılılığın qrafik təqdimatı şəkil 2-də verilmişdir.



Şəkil 2. Gilli torpaq nümunəsi üçün əksətmə siqnalı ilə rütubətlik arasında eksponensial əlaqə ($R = y$; $SMC = x$ kimi işarələnmişdir, korrelyasiya əmsalı - $r^2 = 0,92$)

Qrafikdən göründüyü kimi torpağın rütubətliliyi artdıqca, onun əksətmə spektri demək olar ki, xətti qanunauyğunluqla azalır. Bunlar nəzərə alınmaqla (1) və (2) ifadələrindən aşağıdakı bərabərliyi alırıq:

$$R = d_1 \cdot \exp[-d_2 \cdot (a_1 + a_2 \ln(L \cdot \log(SOM)))] . \quad (3)$$

(3) ifadəsini aşağıdakı kimi təqdim edə bilərik:

$$\begin{aligned} R &= d_1 \cdot \exp(-d_2 \cdot a_1) \cdot \exp(-d_2 \cdot a_2 \ln(L \cdot \log(SOM))) = \\ &= m_1 \cdot \exp(-m_2 \ln(L \cdot \log(SOM))) . \end{aligned} \quad (4)$$

Burada $m_1 = d_1 \cdot \exp(-d_2 \cdot a_1)$; $m_2 = d_2 \cdot a_2$.

(4) ifadəsindən alırıq:

$$\frac{m_1}{R} = \exp[m_2 \ln(L \cdot \log(SOM))] = \ln[L \cdot \log(SOM)]^{m_2} . \quad (5)$$

(5) ifadəsindən alarıq:

$$\exp \frac{m_1}{R} = [L \cdot \log(SOM)]^{m_2}. \quad (6)$$

(6) ifadəsinin hər iki tərəfindən m_2 -ci dərəcədən kök alsaq aşağıdakı ifadəni alarıq:

$$R = \sqrt[m_2]{\exp \frac{m_1}{R}} = \exp \frac{m_1}{m_2 R} = L \cdot \log(SOM). \quad (7)$$

Bununla da heterogen rütubətlik xarakteristikasına malik olan torpağın integral əksətmə xarakteristikasını almaq üçün aşağıdakı model təqdimatına baxaq. Tutaq ki, tədqiq edilən torpaq sahəsi n sayda alt sahələrə bölünmüşdür və hər bir alt sahədə su qatının qalınlığı $L_i - \varnothing$ ($i = \overline{1, n}$) bərabərdir. Bununla da L_i nizamlı elementlərinə malik

$$L = \{L_i\} \quad (8)$$

çoxluğunu alarıq. Daha doğrusu

$$L_i = L_{i-1} + \Delta L; \quad \Delta L = \text{const}; \quad L_0 = 0 \quad (9)$$

şərti ödənilir

Bununla yanaşı fərz edilir ki,

$$SOM = \{SOM_i\} \quad (10)$$

nizamlı çoxluğu mövcuddur, yəni $SOM_i = SOM_{i-1} + \Delta SOM$; $\Delta SOM = \text{const}$; $SOM_0 = 0$.

Sonradan

$$SOM_i = f\{L_i\} \quad (11)$$

diskret funksiyanı daxil etsək və həmin funksiyanın cəminə baxsaq, alarıq:

$$S = \sum_{i=1}^n f\{L_i\}; \quad (12)$$

$$F = \sum_{i=1}^n L_i \log f\{L_i\}. \quad (13)$$

Bu halda (12) cəmi üçün

$$\sum_{i=1}^n f\{L_i\} = C_1 \quad (14)$$

məhdudiyət şərtini tətbiq edək.

Bununla da (8), (9) və (10) diskret modelləri bazasında kəsilməz modelin qurulması tələb olunur. Ona görə də (11) və (14) ifadələrinə analogi olaraq

$$SOM = f(L) \quad (15)$$

funksiyasına baxaq və

$$\int_0^{L_{\max}} f(L) dL = C_2 \quad (16)$$

məhdudiyət şərtini qəbul edək.

Sonradan (7) ifadəsi bazasında

$$\int_0^{L_{max}} L \log(SOM) dSOM \quad (17)$$

məqsəd funksionalını qəbul edək və deyilənlər nəzərə alınmaqla (16) və (17) ifadələri bazasında aşağıdakı şərtsiz variasiya optimallaşdırma məsələsini formalaşdıraraq:

$$F_4 = \int_0^{L_{max}} L \log f(L) dL + \lambda_1 \left[\int_0^{L_{max}} f(L) dL - C \right]. \quad (18)$$

(18) funksionalının həlli aşağıdakı şərti ödəməlidir:

$$\frac{d\{L \log f(L) + \lambda f(L)\}}{df(L)} = 0. \quad (19)$$

(19) ifadəsindən tapırıq:

$$\frac{L}{f(L) \ln 2} + \lambda = 0. \quad (20)$$

(20) ifadəsindən $f(L)$ -i təyin etsək, alarıq:

$$f(L) = -\frac{L}{\lambda \ln 2}. \quad (21)$$

(17) və (21) ifadələrini nəzərə almaqla tapırıq:

$$-\int_0^{L_{max}} \frac{L}{\lambda \ln 2} dL = -\frac{L_{max}^2}{2 \lambda \ln 2} = C_2. \quad (22)$$

(22) ifadəsindən alırıq:

$$\lambda = -\frac{L_{max}^2}{2 \ln 2 C_2}. \quad (23)$$

(21) və (23) ifadələrindən tapırıq:

$$f(L) = \frac{2L C_2}{L_{max}^2}. \quad (24)$$

Beləliklə, (24) şərti ödənildikdə R -in qiyməti minimuma çatır, belə ki, (20) ifadəsinin $f(L)$ -ə görə ikinci tərtib törəməsi həmişə mənfi qiymət alır. Bununla da (7) və (24) ifadələrini nəzərə almaqla, belə nəticəyə gəlmək olur ki,

$$z_1 = \int_0^{L_{max}} m_2 \sqrt{\exp \frac{m_1}{R}} dL. \quad (25)$$

inteqral qiymətləndirməsi (24) şərti daxilində minimuma çatır. Nəticədə hökm etmək olur ki, (24) ifadəsi tədqiqat sahəsinin cəm əksətmə siqnalının minimuma çatması şərtidir.

Beləliklə, tərkibində üzvi maddələr olan rütubətli torpaqların əksölünmə siqnalının optimal qiymətləndirilməsi məsələsi araşdırılmışdır.

Göstərilmişdir ki, seçilmiş alt sahələrdə suyun miqdarı ilə SOM arasında müəyyən funksional asılılıq olduqda torpağın inteqral əksətmə siqnalı minimum qiymət alır.

Ədəbiyyat siyahısı

1. Wigneron J. P., Schmugge T., Chanzy A., Calvet J. C., Kerr Y. Use of passive microwave remote sensing to monitor soil moisture // *Agronomic* 18. 1998. Pp. 27-43.
2. Lobell D. B., Asner G. P. Moisture effects on soil reflectance.
3. Li Y., Liu S., Liao Z., He C. Comparison of two methods for estimation of soil water content from measured reflectance.
4. Huang X., Bai T., Guan H., Wei X., Wang Y., Mao X. An improved exponential model considering a spectrally effective moisture threshold for proximal hyperspectral reflectance simulation and soil salinity estimation // *Remote Sens.* 14. 6396. 2022. <https://doi.org/10.3390/rs14246396>.
5. Li T., Mu T., Liu G., Yang X., Zhu G., Shang C. A method of soil moisture content estimation at various soil organic matter conditions based on soil reflectance // *Remote sens.* 14. 2411. <https://doi.org/10.3390/rs1410241>.
6. Sithole N. J., Ncama K., Magwaza L. S. Robust vis-NIRS models for rapid assessment of soil norganic carbon and nitrogen in Feralsols Haplic soils from different tillage management practices // *Comput. Electron. Agric.* 153. 2018. Pp. 295-301.
7. Muller E., Decamps H. Modeling soil moisture-reflectance // *Remote Sensing of environment.* Vol. 76. 2001. Pp. 173-180.

Е.Дж.Сулейманова

Методика оценки интегрального спектрального отражения увлажненных почв, насыщенных органическими веществами

Резюме

Интегральная оценка отраженного сигнала с участка с неравномерным распределением влажности и органического вещества показала, что при некоторой зависимости количество органических веществ в почве от толщины водяного слоя на подучастках спектрального отражения почвы достигает минимума.

Y.J.Suleymanova

Methodology for assessing the integral spectral reflectance of moist soils saturated with organic matter

Abstract

The integral evaluation of the reflected signal from the area with uneven distribution of humidity and organic matter showed that the amount of organic matter in the soil depends on the thickness of the water layer on the sub-sections of the spectral reflection of the soil.