

Н.Г. ДЖАВАДОВ, Ф.Т. КАЗИМОВА

Национальное аэрокосмическое агентство г. Баку, Азербайджанская Республика

О ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЦВЕТОВОГО ПРИЗНАКА ДЛЯ ДИСТАНЦИОННОГО ОПРЕДЕЛЕНИЯ КОЛИЧЕСТВА ОРГАНИЧЕСКИХ ВЕЩЕСТВ В ПОЧВЕ

Статья посвящена исследованию возможности использования цветового признака для дистанционного определения количества органических веществ в почве. Анализ известных цветовых показателей насыщенности полей органическим веществом, составленных на базе RGB измерений, показал их принципиальную непригодность для оценки количества органических веществ путем применения метода линейной многофакторной регрессии. Показано, что наиболее достоверный результат может быть получен при использовании цветового пространства Манселя. Зависимость между цветовыми показателями и содержанием органического углерода оказывается нелинейной, что объясняет столь резкие изменения коэффициента корреляции некоторых цветовых индексов, используемых в различных линейных регрессионных уравнениях, сформированных на базе первичных RGB сигналов. Общим недостатком всех известных цветовых индексов и показателей, используемых для определения концентрации органического углерода в почве, является то, что они не учитывают негетерогенность почвы на больших площадях. Введен на рассмотрение мультипликативный показатель гомогенных земельных участков разных размеров, отражающий их цветовую оценку насыщенности органическим углеродом. Показано, что введенный пространственно-цветовой показатель при некоторых ограничительных условиях проявляет экстремальное свойство в оценке суммарной насыщенности рассматриваемых разнородных полей, отличающихся как по размеру, так и по содержанию органического углерода. Данное свойство позволяет оценить суммарную насыщенность множества сельскохозяйственных полей, имеющих в распоряжении различных сельскохозяйственных организаций, и определить тот минимальный потенциал органического углерода, который имеется в распоряжении таких организаций.

Дистанционное зондирование, почва, органические вещества, цветовое пространство, оптимизация.

Введение. Как отмечается в работе [1], органическое содержание почвы (SOM) является важной основой для определения плодородности и качества почвы. С развитием гиперспектральной технологии появилась возможность проведения эффективно-го мониторинга качества почвы. В диапазоне длин волн 400-1000 нм спектр отражения позволяет оценить влажность почвы, наличие в почве окисей железа, минералов, органического вещества. В свою очередь, спектр поглощения содержит сильную корреляцию из-за окислов железа и SOM. В этом диапазоне спектр отражения имеет сильную отрицательную корреляцию с органическим составом почвы [2-4]. Специально можно отметить красную зону спектра отражения (550-710 нм), где имеется сильная корреляция с SOM [5-7].

Для исследования SOM применялись такие методы, как: метод линейной регрессии [8], многофакторная линейная регрессия [9], метод частичной регрессии (PLSR)

[10], метод главных компонент [11], метод SVM [12] и др. Следует отметить зависимость агрегатного состояния почвы от SOM [13]. Органический углерод играет роль связывающего агента, и наивысшая степень агрегатной стабильности почвы наблюдается в зонах, свободных от эрозии. При модельных исследованиях спектра отражения используются такие операции, как исследование первой производной (для исключения линейных шумов); логарифмирование (ослабление мультипликативных) шумов; удаление пиков, связанных с поглощением воды и т.д. [14].

1. Существующие цветовые признаки и индексы для оценки SOM.

Как отмечается в работе [15], применительно к «Thematic Mapper» LANDSAT, для исследования почвы используются следующие цветовые индексы:

1. Индекс яркости (BI)

$$BI = \left(\frac{R^2 + G^2 + B^2}{3} \right)^{0,5} \quad (1)$$

2. Индекс насыщения (*SI*)

$$SI = \frac{R - B}{R + B} \quad (2)$$

3. Индекс цветового оттенка (*HI*)

$$HI = \frac{2 \cdot R - G - B}{G - B} \quad (3)$$

4. Индекс цветности (*CI*)

$$CI = \frac{R - G}{R + G} \quad (4)$$

5. Индекс красноты (*RI*)

$$RI = \frac{R^2}{B \cdot G^3} \quad (5)$$

где R, G, B – отражательные сигналы на длинах волн: R = 660 нм, G = 545 нм, B = 480 нм.

Согласно [15], экспериментальные исследования показали наличие отрицательной корреляции между SOM и такими индексами, как *BI*, *SI*, *CI*, *RI*.

Между SOM и индексом *HI* было обнаружено наличие положительной корреляции (табл. 1).

Вместе с тем, если рассматривать данные спутника Hyperion, где RGB каналы несколько смещены относительно каналов LANDSAT [16] (для Hyperion: R = 681 нм, G = 569 нм, B = 487 нм), коэффициенты корреляции существенно иные (табл. 2).

Сравнивая данные, приведенные в таблицах 1 и 2, можно заключить, что RGB технология, реализованная в вышеуказанных цветовых индексах, с учетом несогласованности длин волн RGB в разных спутниках в настоящее время не позволяет осуществить оценку SOM с использованием метода многофакторной линейной регрессии.

Таблица 1

Значения коэффициентов корреляции между SOM и цветовыми индексами [15]

	BI	CI	HI	RI	SI
SOM	-0,408	-0,344	0,312	-0,432	-0,344

Таблица 2

Значения коэффициентов корреляции между SOM и цветовыми индексами [16]

	BI	CI	HI	RI	SI
SOM	0,696	0,712	0,753	0,703	0,523

Проведенный анализ существующих цветовых систем показал, что наиболее подходящей цветовой системой для оценки SOM является цветовое пространство Манселя [17, 18].

Дадим краткие сведения о пространстве Манселя, где в диапазоне длин волн 400–700 нм использованы 1250 цветных оттенков. Базовая матрица $S(\lambda)$ содержит 1250 строк и 47 колонок, охватывающих диапазон 430–600 нм. По вертикали цвета в системе воспринимаются от белого цвета до черного. Вертикальная ось обозначает значения цвета. По экватору глобуса цветов выделены 10 секторов, которые обозначены как: красный, желто-красный, желтый, зелено-желтый, сине-зеленый, синий, пурпурно-синий, пурпурный, красно-пурпурные цвета. Каждый сектор разделен на подсектора: обозначенные как 2,5; 5,0;

7,5; 10,0. На подсекторе, обозначенном как 5,0, устанавливается наилучший цвет каждого оттенка. Под углом 90° к вертикальной оси существует ось насыщенности цвета, обозначенная как «chroma», которая имеет значения от нуля (ахроматично) до 16 (полное насыщение цвета). Графическая интерпретация цветового пространства Манселя показана на рисунке 1.

Далее воспользуемся результатами исследований хромометрического метода оценки параметров цветности почвы, приведенными в работе [18]. Результаты хромометрических измерений, проведенных в [18], показали наличие однозначного соответствия между величиной отраженного сигнала и показателями «значение» и «хроматичность» в пространстве цветов Манселя как для сухой, так и для влажной почвы (рис. 2-4).

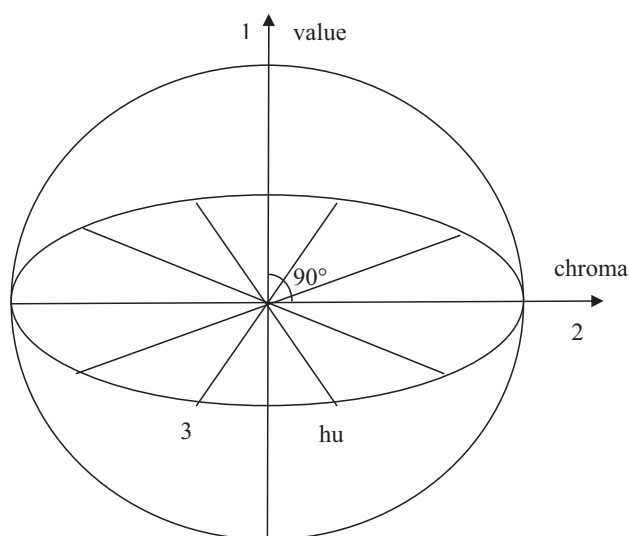


Рис. 1. Упрощенное графическое отображение цветового пространства Манселя.

Цифрами обозначены:

- 1 – ось «значение»;
- 2 – ось «chroma» (хроматичность);
- 3 – экваториальная окружность «оттенюк»

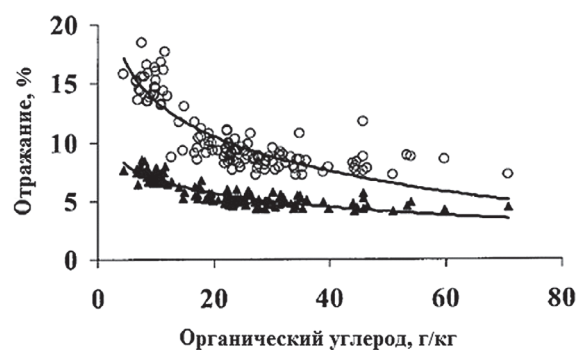


Рис. 2. Кривые отраженного сигнала почвы, в зависимости от содержания органического углерода: 1 – сухая почва; 2 – влажная почва [18]

Для кривой (1) получено уравнение:

$$y = -1,7251 \ln(x) + 10,817; r^2 = 0,77$$

Для кривой (2) получено

$$y = -4,339 \ln(x) + 23,52; r^2 = 0,74$$

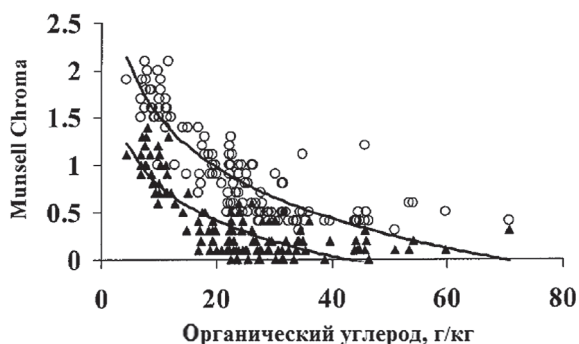


Рис. 3. Кривые хроматичности в зависимости от содержания органического углерода:

1 – сухая почва; 2 – влажная почва [18]

Для кривой (1) получено уравнение:

$$y = -0,5401 \ln(x) + 2,0246; r^2 = 0,68$$

Для кривой (2) получено уравнение:

$$y = -0,7768 \ln(x) + 3,2955; r^2 = 0,77$$

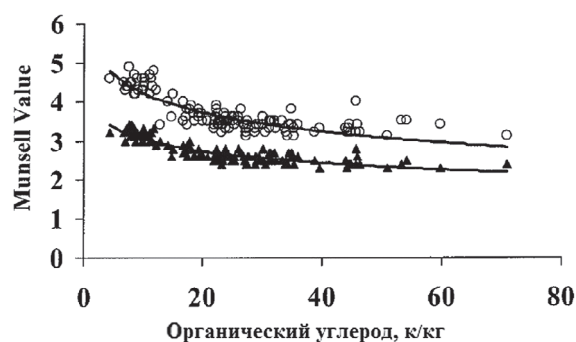


Рис. 4. Кривые показателя «значение» по Манселю, в зависимости от содержания органического углерода в почве:

1 – сухая почва; 2 – влажная почва [18]

Для кривой (1) получено уравнение:

$$y = -0,4416 \ln(x) + 4,0563; r^2 = 0,77$$

Для кривой (2) получено уравнение:

$$y = -0,7128 \ln(x) + 5,8669; r^2 = 0,74$$

Предлагаемый метод. Как показал вышеприведенный обзор способов колориметрической оценки содержания органического углерода в почве, наиболее однозначный и достоверный результат может быть получен при использовании цветового пространства Манселя. Вместе с тем, в отличие

от метода линейной многофакторной регрессии, зависимость между цветовыми показателями и содержанием органического углерода оказывается нелинейной. Указанный факт косвенно объясняет столь резкие изменения коэффициента корреляции некоторых цветовых индексов, используемых

в различных линейных регрессионных уравнениях, где используемые цветовые индексы сами формировались на базе первичных RGB сигналов.

Общим недостатком всех вышерассмотренных цветовых индексов и показателей, предназначенных для определения SOM, или концентрации органического углерода в почве, является отсутствие учета ими неомогенности почвы на больших просторах.

Далее вводится для рассмотрения мультипликативный показатель γ гомогенных земельных участков разных размеров, отражающий их цветовую оценку насыщенности органическим углеродом.

$$\gamma_i = X_i \cdot S_i, \quad (6)$$

где: X_i – цветовая оценка насыщенности гомогенного участка S_i органическим углеродом.

Суммируя (6) по всем i ; $i = \overline{1, n}$; где допускаем наличие упорядоченного множества $S = \{S_i\}$;

$$S_i = S_{i-1} + \Delta S; \Delta S = const \quad (7)$$

получим

$$\gamma_{\Sigma} = \sum_{i=1}^n C_i \cdot S_i \quad (8)$$

Также введем на рассмотрение функциональную зависимость

$$X = X(S), \quad (9)$$

определяющую функциональную взаимосвязь между концентрацией органического углерода на земельном участке площадью S_i и величиной S_i . В принципе, пространство функций (9) достаточно широко и для получения конкретных результатов по вычислению показателя γ_{Σ} имеет смысл несколько сузить пространство всевозможных функций, введя следующее интегральное ограничение:

$$\sum_{i=1}^n X_i(S_i) = C \quad (10)$$

или в условно-непрерывной форме:

$$\int_0^{S_{max}} X(S) dS = C; C = const \quad (11)$$

Общий вид всевозможных функций $X(S)$ приведен на рисунке 5.

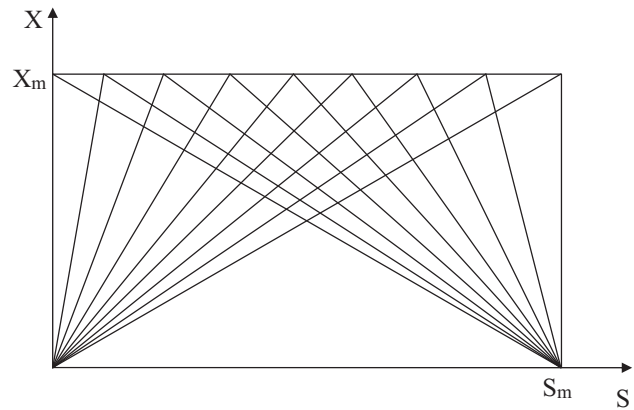


Рис. 5. Графическое отображение всевозможных функций $X(S)$, удовлетворяющих условию (10)

С учетом логарифмических зависимостей, приведенных на рис. 2, 3, 4 выражение (8) перепишем в виде

$$\gamma_{\Sigma} = \sum_{i=1}^n S_i [a \cdot \ln X(S_i) + b]. \quad (12)$$

где: $a, b = const$.

Условно переходя на непрерывную форму записи (12), запишем как

$$\gamma_{инт} = - \int_0^{S_{max}} S [a \cdot \ln X(S) + b] dS. \quad (13)$$

С учетом формул (12) и (13) можно составить вариационную задачу оптимизации нахождения такой оптимальной функции $X(S)$, при которой показатель $\gamma_{инт}$ достиг бы экстремальной величины. Целевой функционал задачи вариационной оптимизации имеет вид:

$$\gamma_{инт.0} = - \int_0^{S_{max}} S [a \cdot \ln X(S) + b] dS + \lambda \left[\int_0^{S_{max}} X(S) dS - C \right]. \quad (14)$$

Решение вышеизложенной оптимизационной задачи показало, что при

$$X(S) = \frac{2S \cdot C}{S_m^2} \quad (15)$$

функционал (14) достигает минимального значения. Таким образом, обнаруживается экстремальный характер вновь введенного мультипликативного пространственно – цветового показателя, который при некоторых ограничительных условиях ((7) и (12)) достигает экстремального значения (минимума).

С учетом (13) и (15) получим:

$$\gamma_{инт.min} = - \int_0^{S_{max}} S \left[a \cdot \ln \frac{2SC}{S_m^2} + b \right] dS \quad (16)$$

Таким образом, при заданных значениях S_{max} , a , C , S_m , b можно вычислить значение $\gamma_{\text{инт.мин}}$.

Обсуждение и основные выводы.

Как видно из вышеизложенного, введенный нами пространственно-цветовой показатель при некоторых ограничительных условиях проявляет экстремальное свойство в оценке суммарной насыщенности рассматриваемых разнородных полей, отличающихся как по размеру, так и по содержанию органического углерода. Данное свойство является качественно новым результатом, позволяющим оценить суммарную насыщенность множества сельскохозяйственных полей, имеющих в распоряжении различных сельскохозяйственных организаций и определить минимальный потенциал органического углерода, имеющегося в распоряжении таких организаций.

Выводы

1. Анализ известных цветковых показателей насыщенности полей органическим веществом, составленных на базе RGB измерений, показал их принципиальную непригодность для оценки количества органических веществ путем применения метода линейной многофакторной регрессии.

2. Предложен новый мультипликативный пространственно-цветовой показатель, позволяющий при некоторых модельных ограничениях оценить суммарный запас органических веществ, находящихся в различных сельскохозяйственных полях производителя сельской продукции.

Библиографический список

1. Yun Chen, Jinliang Wang, Guangjie Liu, Yanlin Yang, Zhiyuan Liu and Huan Deng. Hyperspectral Estimation Model of Forest Soil Organic Matter in Northwest Yunnan Province, China. *Forests* 2019, 10(3), 217.
2. Bowers S.A.; Hanks R.J. Reflection of Radiant Energy from Soils. *Soil Sci.* 1971, 100, pp. 130-138. [CrossRef]
3. Al-Abbas A.H.; Swain P.H.; Baumgardner M.F. Relating Organic Matter and Clay Content to the Multispectral Radiance of Soils. *Soil Sci.* 1972, 114, pp. 65-82. [CrossRef]
4. Wu, H.; Fan Y.M.; He, J.; Jin G.; Xie Y.; Chai D.; He, L. Response of Soil Hyperspectral Characteristics of Different Particle Sizes to Soil Organic Matter. *Acta Agrestia Sin.* 2014, 22, pp. 266-270.
5. Peng J.; Zhou Q.; Zhang Y.; Xiang H. Effect of soil organic matter on spectral

characteristics of soil. *Acta Pedol. Sin.* 2013, 50, pp. 517-524.

6. Galvão L.S.; Vitorello I. Role of organic matter in obliterating the effects of iron on spectral reflectance and colour of Brazilian tropical soils. *Int. J. Remote Sens.* 1998, 19, pp. 1969-1979. [CrossRef]

7. Galvão L.S.; Pizarro M.A.; Epiphanyo J.C.N. Variations in Reflectance of Tropical Soils—Spectral-Chemical Composition Relationships from AVIRIS data. *Remote Sens. Environ.* 2001, 75, pp. 245-255. [CrossRef]

8. Hou Y.; Tiyp T.; Sawut M.; Zhang F. Estimation model of desert soil organic matter content using hyperspectral data. *Trans. Chin. Soc. Agric. Eng.* 2014, 30, pp. 113-120.

9. Meyer J.H. Rapid simultaneous rating of soil texture, organic matter, total nitrogen and nitrogen mineralization potential by near infra-red reflectance. *S. Afr. J. Plant Soil* 1989, 6, pp. 59-63. [CrossRef]

10. Fidêncio P.H.; Poppi R.J.; Andrade J.C.d.; Cantarella H. Determination of organic matter in soil using near-infrared spectroscopy and partial least squares regression. *Commun. Soil Sci. Plant Anal.* 2002, 33, pp. 1607-1615. [CrossRef]

11. Palacios-Orueta A.; Ustin S.L. Remote Sensing of Soil Properties in the Santa Monica Mountains I. *Spectral Analysis. Remote Sens. Environ.* 1998, 65, pp. 170-183. [CrossRef]

12. Bao N.; Wu, L.; Ye, B.; Ke, Y.; Wei Z. Assessing soil organic matter of reclaimed soil from a large surface coalmine using a field spectroradiometer in laboratory. *Geoderma* 2017, 288, pp. 47-55. [CrossRef]

13. Tereza ZÁDOROVÁ, Ondřej JAKŠÍK, Radka KODEŠOVÁ and Vít PENÍŽEK. Influence of Terrain Attributes and Soil Properties on Soil Aggregate Stability. *Soil & Water Res.*, 6, 2011 (3): pp. 111-119.

14. Ting He, Jing Wang, Zongjian Lin & Ye Cheng (2009) Spectral features of soil organic matter, *Geo-spatial Information Science*, 12:1, pp.33-40, DOI: 10.1007/s11806-009-0160-x.

15. Umesh K Mandal. SPECTRAL COLOR INDICES BASED GEOSPATIAL MODELING OF SOIL ORGANIC MATTER IN CHITWAN DISTRICT, NEPAL. *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, Volume XLI-B2, 2016 XXIII ISPRS Congress, 12-19 July 2016, Prague, Czech Republic. pp.43-48. DOI:10.5194/isprsarchives-XLI-B2-43-2016

16. ZhuoLuoa, Liu Yaolin*a, Wu Jiana, Wang Jingb. QUANTITATIVE MAPPING

OF SOIL ORGANIC MATERIAL USING FIELD SPECTROMETER AND HYPER-SPECTRAL REMOTE SENSING. The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences. Vol. XXXVII. Part B8. Beijing 2008. pp.901-906.

17. **Roy G. D'Andrade and A. Kimball Romney.** A quantitative model for transforming reflectance spectra into the Munsell color space using cone sensitivity functions and opponent process weights. Proceedings of the National Academy of Sciences May 13, 2003 vol. 100 no. 10. pp.6281-6286. DOI: 10.1073/pnas.1031827100.

18. **Konen M.E.; Burras C.L.; Sandor J.A.** Organic Carbon, Texture, and Quantitative Color Measurement Relationships for Cultivated

Soils in North Central Iowa. Soil Science Society of America Journal, vol. 67, issue 6, pp. 1823-1830. DOI:10.2136/sssaj2003.1823.

Материал поступил в редакцию 27.08.2019 г.

Сведения об авторах

Джавадов Натик Гаджи оглы, доктор технических наук, профессор, генеральный директор Национального Аэрокосмического Агентства; Азербайджанская Республика, г. Баку, AZ1115, ул. С.С. Ахундова, 1. e-mail: javadovng@mail.ru

Казимова Фаргана Тевеккул гызы, докторант Национального Аэрокосмического Агентства; Азербайджанская Республика, г. Баку, AZ1115, улица С.С. Ахундова 1; e-mail: fergane.kazimova@mail.ru

N.H. DJAVADOV, F.T. KAZIMOVA

National Aerospace Agency, Baku city, Azerbaijan Republic

ABOUT POSSIBILITY OF USE OF COLOR SIGN FOR REMOTE DETERMINATION OF QUANTITY OF ORGANIC MATTERS IN SOIL

The paper is devoted to the possibility of using color sign for remote determination of the quantity of organic matters in soil. The analysis of the known color signs of saturation of fields by an organic matter made on the RGB measurements base showed their principle unsuitability for estimation of the amount of organic matters by means of application of the linear multifactor regression method. It is shown that the most reliable result can be got when using Mansell color space. The dependence between color signs and organic carbon content is non-linear which explains such sharp variations of the correlation coefficient of some color indices used in linear regression equations formed on the basis of primary RGB signals. The common weakness of the all known color indices and parameters used for determination of concentration of organic carbon in soil is their non-consideration of the soil inhomogeneity on large area spaces. The multiplicative parameter of homogenous land areas of different sizes reflecting their color assessment of saturation with organic carbon is proposed for consideration. It is shown that the proposed spatial – color parameter under some limitation conditions exhibits an extremal property in assessment of the total saturation of the considered homogenous land areas which are different in sizes and organic carbon content. Such property makes it possible to estimate the total saturation of many agricultural fields belonging to different agricultural organizations and to determine the minimum potential of organic carbon being at the disposal of such organizations.

Remote sensing, soil, organic matters, color space, optimization.

References

1. **Yun Chen, Jinliang Wang, Guangjie Liu, Yanlin Yang, Zhiyuan Liu and Huan Deng.** Hyperspectral Estimation Model of Forest Soil Organic Matter in Northwest Yunnan Province, China. Forests 2019, 10(3), 217.

2. **Bowers S.A.; Hanks R.J.** Reflection of Radiant Energy from Soils. Soil Sci. 1971, 100, pp. 130-138. [CrossRef]

3. **Al-Abbas A.H.; Swain P.H.; Baumgardner M.F.** Relating Organic Matter and Clay

Content to the Multispectral Radiance of Soils. Soil Sci. 1972, 114, pp. 65-82. [CrossRef]

4. **Wu, H.; Fan Y.M.; He, J.; Jin G.; Xie Y.; Chai D.; He, L.** Response of Soil Hyperspectral Characteristics of Different Particle Sizes to Soil Organic Matter. Acta Agrestia Sin. 2014, 22, pp. 266-270.

5. **Peng J.; Zhou Q.; Zhang Y.; Xiang H.** Effect of soil organic matter on spectral characteristics of soil. Acta Pedol. Sin. 2013, 50, pp. 517-524.

6. **Galvão L.S.; Vitorello I.** Role of organic matter in obliterating the effects of iron on spectral reflectance and colour of Brazilian tropical soils. *Int. J. Remote Sens.* 1998, 19, pp. 1969-1979. [CrossRef]

7. **Galvão L.S.; Pizarro M.A.; Epiphonio J.C.N.** Variations in Reflectance of Tropical Soils–Spectral-Chemical Composition Relationships from AVIRIS data. *Remote Sens. Environ.* 2001, 75, pp. 245-255. [CrossRef]

8. **Hou Y.; Tiyip T.; Sawut M.; Zhang F.** Estimation model of desert soil organic matter content using hyperspectral data. *Trans. Chin. Soc. Agric. Eng.* 2014, 30, pp. 113-120.

9. **Meyer J.H.** Rapid simultaneous rating of soil texture, organic matter, total nitrogen and nitrogen mineralization potential by near infra-red reflectance. *S. Afr. J. Plant Soil* 1989, 6, pp. 59-63. [CrossRef]

10. **Fidêncio P.H.; Poppi R.J.; Andrade J.C.d.; Cantarella H.** Determination of organic matter in soil using near-infrared spectroscopy and partial least squares regression. *Commun. Soil Sci. Plant Anal.* 2002, 33, pp. 1607-1615. [CrossRef]

11. **Palacios-Orueta A.; Ustin S.L.** Remote Sensing of Soil Properties in the Santa Monica Mountains I. Spectral Analysis. *Remote Sens. Environ.* 1998, 65, pp. 170-183. [CrossRef]

12. **Bao N.; Wu, L.; Ye, B.; Ke, Y.; Wei Z.** Assessing soil organic matter of reclaimed soil from a large surface coal mine using a field spectroradiometer in laboratory. *Geoderma* 2017, 288, pp. 47-55. [CrossRef]

13. **Tereza ZÁDOROVÁ, Ondřej JAKŠÍK, Radka KODEŠOVÁ and Vít PENÍŽEK.** Influence of Terrain Attributes and Soil Properties on Soil Aggregate Stability. *Soil & Water Res.*, 6, 2011 (3): pp. 111-119.

14. **Ting He, Jing Wang, Zongjian Lin & Ye Cheng** (2009) Spectral features of soil organic matter, *Geo-spatial Information Science*, 12:1, pp.33-40, DOI: 10.1007/s11806-009-0160-x.

15. **Umesh K Mandal.** SPECTRAL COLOR INDICES BASED GEOSPATIAL

MODELING OF SOIL ORGANIC MATTER IN CHITWAN DISTRICT, NEPAL. *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, Volume XLI-B2, 2016 XXIII ISPRS Congress, 12-19 July 2016, Prague, Czech Republic. pp.43-48. DOI: 10.5194/isprsarchives-XLI-B2-43-2016

16. **Zhuo Luo, Liu Yaolin*, Wu Jiana, Wang Jingb.** QUANTITATIVE MAPPING OF SOIL ORGANIC MATERIAL USING FIELD SPECTROMETER AND HYPER-SPECTRAL REMOTE SENSING. *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*. Vol. XXXVII. Part B8. Beijing 2008. pp.901-906.

17. **Roy G. D'Andrade and A. Kimball Romney.** A quantitative model for transforming reflectance spectra into the Munsell color space using cone sensitivity functions and opponent process weights. *Proceedings of the National Academy of Sciences* May 13, 2003 vol. 100 no. 10. pp.6281-6286. DOI: 10.1073/pnas.1031827100.

18. **Konen M.E.; Burras C.L.; Sandor J.A.** Organic Carbon, Texture, and Quantitative Color Measurement Relationships for Cultivated Soils in North Central Iowa. *Soil Science Society of America Journal*, vol. 67, issue 6, pp. 1823-1830. DOI: 10.2136/sssaj2003.1823.

The material was received at the editorial office
27.08.2019 g.

Information about the authors

Javadov Natic Hadzhi ogly, doctor of technical sciences, professor, general director of the National Aerospace Agency; the Azerbaijan Republic, AZ1115, ulitsa S.S. Ahundova, 1; e-mail: javadovng@mail.ru

Kazimova Fargana Tevekkul gyzy, doctoral candidate of the National Aerospace Agency; the Azerbaijan Republic, AZ1115, ulitsa S.S. Ahundova, 1; e-mail: fergane.kazimova@mail.ru